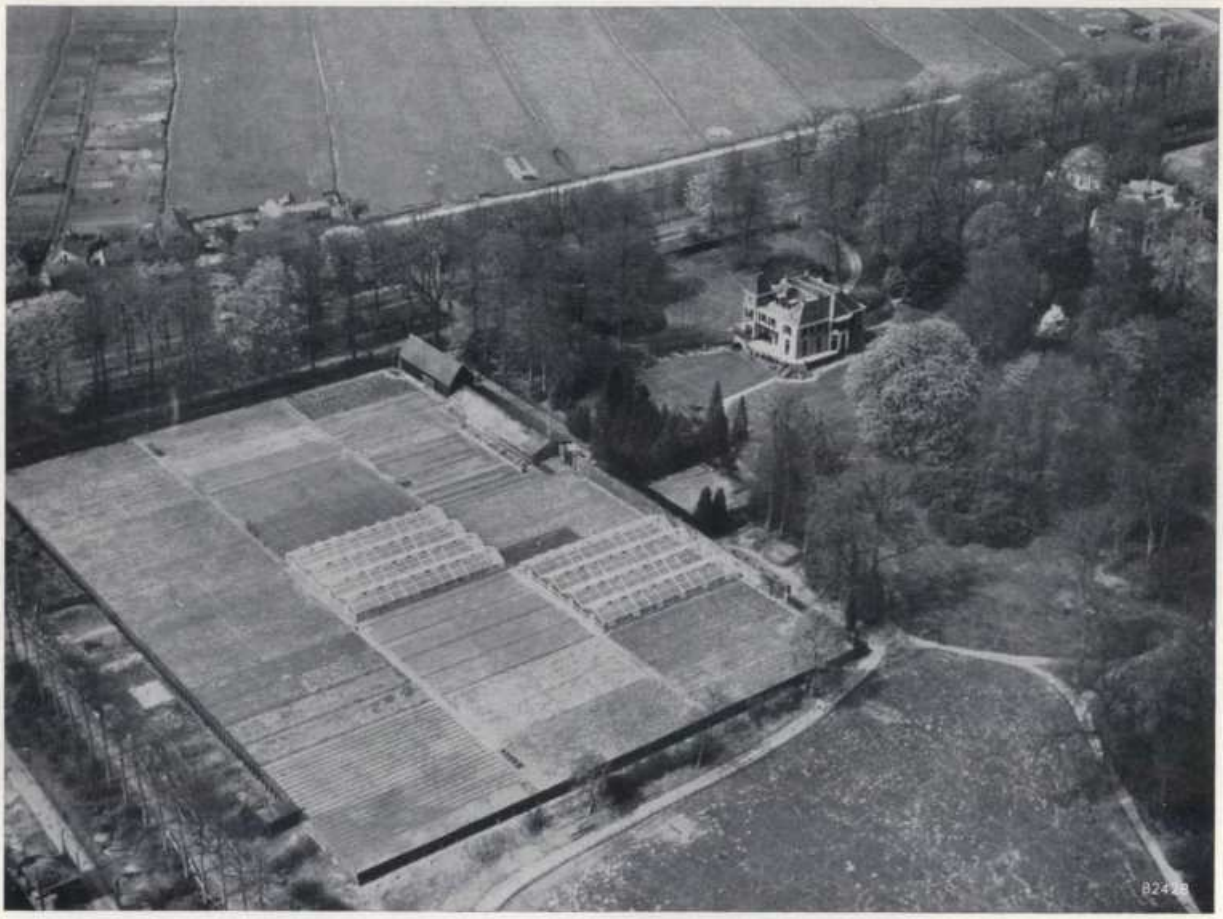
www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

16e JAARGANG No. 12, blz. 353-384 DECEMBER 1954

# Philips Technisch Tijdschrift

BEHANDELENDE TECHNISCHE VRAAGSTUKKEN
SAMENHANGENDE MET DE PRODUCTEN, WERKWIJZEN EN ONDERZOEKINGEN
VAN DE N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN

REDACTIE: NATUURKUNDIG LABORATORIUM DER N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN, EINDHOVEN



## „BOEKESTEYN", HET PHYTOPHARMACEUTISCH LABORATORIUM VAN DE N.V. PHILIPS-ROXANE

door R. van der VEEN.

632.931.33: 615.777/.779

*In dit tijdschrift zullen enige artikelen verschijnen over het werk van het phytopharmaceutisch laboratorium Boekesteyn. Daar de bestrijding van ziekten en plagen in land- en tuinbouw voor de meeste lezers nog onbekend terrein zal zijn, leek het ons wenselijk deze serie te doen voorafgaan door een inleidend overzichtsartikel, dat men hieronder aantreft.*

### Bescherming van cultuurgewassen

Sedert de N.V. Philips-Roxane zich heeft begeven op het gebied van de bestrijding van ziekten en plagen in land- en tuinbouw, is het noodzakelijk geworden dat zij de beschikking heeft over een laboratorium waarin op dit terrein geëxperimenteerd kan worden. Zulk een laboratorium is thans gevestigd op het oude landgoed „Boekesteyn" te 's-Graveland.

Boekesteyn bestaat uit een groot huis (*fig. 1*),

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



een fraai park, een boerderij, een groentetuin, waarin enige kassen, en een jonge boomgaard. Het park, dat voor het publiek is opengesteld, heeft niets met het laboratorium te maken; evenmin de boerderij, die verpacht is. Het huis echter is geheel als laboratorium ingericht, en ook de moestuin en de boomgaard behoren tot de plaatsen waar het onderzoek wordt verricht.

Fig. 1. Huize Boekesteyn, tegenwoordig ingericht als phytopharmaceutisch laboratorium van Philips-Roxane.

Doel van dit onderzoek is, ziekten en plagen van allerlei gewassen zo efficient en economisch mogelijk te bestrijden. Hoewel in een landbouwland als Nederland de bestrijding reeds geruime tijd intensief plaatsvindt, gaat toch zeker meer dan 10 % van de mogelijke oogst door de overal optredende ziekten en plagen verloren. In de meeste andere landen is dit percentage nog aanzienlijk hoger.

Velen zullen zich afvragen waarom er tegenwoordig zo veel gespoten en gestoven moet worden. „Vroeger deed men dit niet, en toen kwamen er toch ook wel vruchten aan de bomen en stond er graan op de akkers", zo redeneren zij. Inderdaad, doch tegenwoordig stelt men veel hogere eisen aan de opbrengsten per hectare en zijn er veel meer hectaren in cultuur. Dit laatste gaat meestal samen met een uitbreiding van ziekten en plagen.

De plant is een levend organisme; daardoor kan, na zorgvuldige selectie, een zekere resistentie tegen bepaalde ziekten opgebouwd worden. Het mooiste zou zijn, uitsluitend resistente rassen te verbouwen. Veredelingslaboratoria en -bedrijven zijn dan ook intensief bezig met het kweken van zulke rassen, en er is op dit gebied al veel bereikt.

De vijanden van de plant, speciaal schimmels en insecten, zijn echter eveneens levende organismen, en zij hebben een groot aanpassingsvermogen. Als gevolg ziet men vaak dat enkele jaren nadat een tegen een bepaalde schimmel resistente plant op grote schaal is uitgeplant, ook de schimmel een nieuw ras heeft gevormd, dat bij de veredelde plant is aangepast. Daarom blijft het voorlopig nog zeer noodzakelijk chemische bestrijdingsmiddelen te gebruiken.

Dat er door onoordeelkundig bestrijden van insectenplagen wel eens averechtse resultaten verkregen worden, spreekt vanzelf. Een fraai voorbeeld hiervan is de grootscheepse bestuiving met DDT die men in citrusaanplantingen ging toepassen, toen men nog meende dat alle insecten aan DDT te gronde zouden gaan. Er was echter één insect — een schildluis — dat zich van DDT niets aantrok. Door de bestuiving waren de vijanden van deze luis wèl uitgeroeid, en nu kon de plaag zich ongehinderd uitbreiden. De schade die deze ene schildluizensoort toen heeft aangericht, was groter dan die welke door alle andere plagen tezamen veroorzaakt zou zijn indien er niet gestoven was!

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



Zo zijn er meer voorbeelden te vinden, waarbij men spreekt van een verstoring van het evenwicht in de natuur door de bestuiving. Men vergete daarbij echter nooit dat het verstoren van dit evenwicht een grondbeginsel van de landbouw is. De verstoring begint al wanneer men de oorspronkelijke vegetatie uitroeit en er een kunstmatige vegetatie voor in de plaats opkweekt. Slechts door harde arbeid kan de boer deze verstoring handhaven.

Een betere bemesting brengt nieuwe onkruidproblemen, een beter producerend ras brengt vaak nieuwe gevoeligheden, een uitbreiding van het areaal brengt fellere ziekten en plagen mee. Iedere chemische ziektebestrijding heeft nadelen, maar is niettemin in een dicht bevolkte wereld noodzakelijk.

Eén van deze nadelen werd reeds genoemd: niet alleen de parasieten, maar ook de vijanden van de parasieten kunnen door de chemische bestrijding gedood worden, en daardoor wordt de kans op snelle uitbreiding van een nieuwe plaag groter. Een ander gevaar is dat stoffen die voor insecten giftig zijn, vaak ook schadelijk zijn voor de mens. De verdere ontwikkeling van de chemische bestrijding moet dus gericht zijn op stoffen die voor de mens niet toxisch zijn en, voor zo ver het de plagen betreft, alleen die insecten doden welke de schade veroorzaken, en alle andere insecten ongemoeid laten.

Dit laatste betekent dat de stof een zeer selectieve werking moet hebben. De ideale oplossing zou zijn dat men beschikt over een serie van stoffen, elk werkzaam tegen één schadelijke insectensoort zonder giftig te zijn voor andere dieren. Voor schimmelziekten zou men iets dergelijks wensen; men zou hier echter al tevreden kunnen zijn met een stof die onschadelijk is voor de groene plant en het dier, doch actief tegen alle schimmels.

Alvorens wij verder op deze ideale doelstelling ingaan, is het nodig een zeer summier overzicht te geven van de ontwikkeling der chemische ziekten- en plagenbestrijding in de loop der jaren.

## Chemische bestrijdingsmiddelen tegen plantenziekten en plagen

Plantenziekten worden veroorzaakt door schimmels, door bacteriën of door virussen. Bovendien staan de planten bloot aan insectenplagen en aan verdringing door onkruid.

Men beschikt al over een heel arsenaal van chemische middelen ter bestrijding van deze euvelen, met uitzondering van de virusziekten. Voor het tegengaan van deze laatste is men nog geheel aangewezen op het selecteren van resistente rassen en op het rigoureus verwijderen van zieke planten en andere maatregelen ter vermindering van het besmettingsgevaar.

Wij beperken ons dus tot de manieren waarop schimmel- en bacterieziekten en insecten- en onkruidplagen bestreden kunnen worden.

### *Schimmelziekten*

Schimmels verspreiden zich in het algemeen door middel van sporen. Indien men een middel heeft dat de sporen doodt, of dat ze verhindert te kiemen, kan men dus de verspreiding van de ziekte tegengaan.

Er zijn verscheidene stoffen (fungiciden) bekend die op deze wijze werkzaam zijn. Het oudste en nog steeds zeer veel toegepaste middel is de Bordeauxse pap, een mengsel van kopersulfaat en kalk. Thans zijn er verscheidene andere koperverbindingen in de handel die even goed werkzaam zijn, bijv. koperoxychloride en zg. „colloïdaal koper". Ook kwikverbindingen hebben ingang gevonden, vooral als zaadontsmetters; in het veld zijn ze minder goed bruikbaar, daar ze nogal eens schade aan de aanplant veroorzaken. Er zijn echter organische kwikverbindingen die voor het bespuiten van fruitbomen toelaatbaar zijn, zij het met enige voorzichtigheid.

De laatste 15 jaar zijn belangrijke toepassingen te voorschijn gekomen uit organische verbindingen die geen toxische metalen zoals koper en kwik bevatten. Vooral de dithiocarbaminaten en de chinonen hebben een aantal zeer goede fungiciden opgeleverd.

Dithiocarbaminaten. In tegenstelling met bacteriën, blijken de meeste schimmels zeer gevoelig te zijn voor bepaalde dithiocarbaminaten, bijv. tetramethylthiuramdisulfide [1] [1]) — bekend als TMTD — en zineb [2]. Zelfs $1:10^6$ in water verdund, verhinderen deze stoffen volledig dat sporen ontkiemen. Een plant die ermee is bespoten of bestoven, is dus zeer goed tegen de meeste schimmelziekten beschermd. Deze stoffen beginnen dan ook de koperen de kwikverbindingen te verdringen.

Chinonen. Onder de chinonen vindt men stoffen [3], [4] die een ongeveer even sterke fungicide werking hebben als de stoffen uit de vorige groep. Hun prijs is echter wat hoger, waardoor zij minder snel veld winnen dan de dithiocarbaminaten.

De laatste tijd is nog een ander organisch fungicide, bekend als captan [5], op de voorgrond getreden. Het is in het algemeen misschien van iets geringere fungicide waarde dan de dithiocarbaminaten, doch het heeft de gunstige eigenschap dat het bij

[1]) De bij stofnamen geplaatste cijfers tussen rechte haken verwijzen naar de bijbehorende structuurformule in het Aanhangsel.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



fruitbomen de kleur van vrucht en blad zeer merkbaar verbetert. Voor het fruit betekent dit een hogere handelswaarde, en voor het blad een langer in het najaar doorgaande assimilatie, dus een krachtiger groei van de boom. Philips-Roxane heeft een zeer bruikbaar fungicide ontwikkeld dat deze eigenschap ook heeft, wellicht in nog sterkere mate.

Meermalen berust de resistentie van een plant tegen schimmelziekten op het feit dat de plant een stof bevat die voor de schimmel toxisch is. Indien de telers zulke stoffen kunstmatig in de planten konden brengen, zou op deze wijze resistentie verkregen kunnen worden. De stof moet daartoe zodanig zijn dat de plant de stof opneemt en door haar gehele systeem verspreidt, zonder er schade van te ondervinden. Zulke stoffen worden „systemische" fungiciden genoemd.

Er zijn enkele stoffen bekend die een duidelijke systemische werking hebben, doch geen van alle heeft het zo ver gebracht dat ze tot gebruik in de practijk is gekomen. Niettemin wordt op Boekesteyn intensief naar systemische fungiciden gezocht. Een groot voordeel van zo'n fungicide zou namelijk zijn dat het zich, nadat alleen de bladeren ermee bespoten zijn, door de gehele plant verspreidt en dus ook de wortels beschermt tegen bodemschimmels.

*Bacterieziekten*

Bacterieziekten zijn gewoonlijk moeilijker te bestrijden dan schimmelziekten, daar de bacteriën zich door de bodem heen verspreiden en de plant de infectie via de wortels opdoet. Men is dus aangewezen op desinfectie van de grond, hetgeen kostbaar is.

De laatste jaren zijn als „systemische" bestrijdingsmiddelen tegen bacterieziekten wel eens met succes antibiotica gebruikt, zoals streptomycine. Dit maakt de planten minder vatbaar voor bacteriën, maar de prijs en vaak ook giftigheid voor de plant vormen nog een beletsel voor algemeen practisch gebruik.

*Insectenplagen*

Het intensiever worden van de landbouw gedurende de laatste eeuw heeft het aantal insectenplagen aanzienlijk doen toenemen. Insecten passen zich blijkbaar snel aan, en indien hun vele hectaren voedsel wordt aangeboden, planten zij zich uiterst snel voort.

Evenals de schimmels, bestreed men de insecten vroeger met anorganische vergiften, zoals loodarsenaat en koperarseniet. Ook hierin is de laatste decenniën verandering gekomen.

Eerst werd gevonden dat sommige planten stoffen bevatten die uiterst giftig voor insecten zijn: nicotine uit tabak, rotenon uit Derris, pyrethrine uit Pyrethrum. Tabak, Derris en Pyrethrum werden speciaal gekweekt voor de productie van de genoemde stoffen.

Na 1940 zijn deze middelen gedeeltelijk verdrongen door de ontdekking van zeer doeltreffende insecticiden die op goedkope wijze synthetisch geproduceerd konden worden.

Allereerst kwam dichloordiphenyltrichloorethaan [6] — alom bekend als DDT —, dat spoedig de wereld veroverde, toen bleek dat vele insecten zeer gevoelig ervoor zijn en dat warmbloedigen een tamelijk grote dosis ervan kunnen verdragen. Bij de bestrijding van malaria en tyfus heeft het goede diensten bewezen.

Kort daarna kwam hexachloorcyclohexaan [7] (bekend als HCH of als BHC), dat voor vele insecten nog giftiger dan DDT bleek te zijn en dat bovendien sommige insectensoorten doodt die voor DDT niet gevoelig zijn. Een bezwaar van HCH is echter de onaangename geur. Nader onderzoek toonde aan dat HCH bestaat uit een mengsel van isomeren, waarvan het gamma-isomeer vrijwel uitsluitend verantwoordelijk is voor de insecticide eigenschappen en reukeloos is. Philips-Roxane produceert dit gamma-isomeer, onder de naam lindaan (genoemd naar Van der Linden, die het eerst het gamma-isomeer in zuivere toestand heeft afgescheiden.)

Sinds kort is een nieuwe groep van insecticiden bezig veld te winnen (aldrin [8], dieldrin [9]).

Ook uit oorlogsgassenonderzoek zijn stoffen te voorschijn gekomen die voor insecten zeer giftig zijn. Enkele ervan (merendeels fosforverbindingen) hebben snel terrein gewonnen in de landbouw. De bekendste ervan is parathion [10]. Een nadeel van deze stoffen is dat ze niet alleen voor insecten, doch voor alle dieren toxisch zijn, dus ook voor de mens. Sedert kort echter zijn in deze groep insecticiden gevonden die voor warmbloedigen minder giftig zijn, o.a. malathion [11].

Evenals men zoekt naar middelen die de plant zelf giftig maken voor schimmels of bacteriën, zo speurt men ook naar „systemische" insecticiden. Enkele stoffen uit de bovengenoemde groep van fosforverbindingen vertonen deze werking, dwz. ze worden door de plant opgenomen zonder er schade aan te doen en ze maken daarbij de plant giftig voor de insecten die zich ermee voeden; een voorbeeld hiervan is schradan [12]. Daar deze stoffen slechts langzaam in de plant worden afgebroken, moet de behandeling van de gewassen die

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



bestemd zijn om te worden gegeten, lang vóór de consumptie plaatsvinden, want de systemische insecticiden zijn ook zeer giftig voor de mens.

Voor planten zeer schadelijk zijn ook de spintmijten (Acaridae). Hoewel deze dieren niet tot de insecten behoren, maar tot de spinachtigen, rekent men de bestrijdingsmiddelen ertegen (acariciden) meestal tot de insecticiden. De gewone insecticiden hebben doorgaans weinig uitwerking op de mijten; DDT schijnt zelfs een stimulerende invloed uit te oefenen. Parathion, dat voor alle dieren funest is, doodt de mijten wèl; minerale olie doet dit eveneens. Ook Philips-Roxane heeft een acaricide ontwikkeld, dat in 1955 in fabricage komt. Het is voor insecten zo weinig giftig dat bijv. bijen zonder schade ermee gevoed kunnen worden.

*Onkruidplagen*

Merkwaardig is dat stoffen die gerangschikt moeten worden in de groep „groeistoffen" (waarover een volgend artikel nadere bijzonderheden zal brengen), gebruikt kunnen worden voor het tegendeel van groei, namelijk voor het uitroeien van sommige planten. Zeer bekend is een stof genaamd 2,4-D [13], die in bepaalde concentraties de meeste tweezaadlobbige planten doodt, maar aan eenzaadlobbigen geen schade doet. Het is dus een stof waarmee men weiden en graanvelden onkruidvrij kan maken.

Twee andere onkruiddoders (herbiciden) op groeistofbasis, namelijk 2,4,5-T [14] en 2-methyl-4-chloor-phenoxy-azijnzuur [15] — bekend als MCPA —, hebben een analoge werking. Toch verschillen de drie stoffen in uitwerking; zo kunnen bramen en brandnetels wel met 2,4,5-T bestreden worden, maar practisch niet met 2,4-D of met MCPA.

Onder de onkruidbestrijdingsmiddelen wordt natuurlijk ook gezocht naar chemicaliën die juist de (eenzaadlobbige) grassen uit tweezaadlobbige voedingsgewassen weghalen. Hierin is men echter nog maar nauwelijks geslaagd. Een preparaat dat bekend staat als „onkruidbestrijdingsmiddel voor worteltjes", doodt alle planten behalve schermbloemigen en vele coniferen, zodat het voor worteltjes en selderij en ook in conifeerkwekerijen bruikbaar is.

Ten slotte maken we nog melding van een groep stoffen die tot taak hebben alle planten te doden, bijv. om paden vrij van begroeiing te houden. Hiervoor gebruikt men bepaalde soorten chloraten of arsenicumverbindingen, en ook wel pentachloorphenol [16], bekend als PCP. Verscheidene nieuwere middelen op dit gebied, zoals trichloorazijnzuur (TCA) [17] en chloorphenyldimethylureum (CMU) [18], verkeren gedeeltelijk nog in het proefstadium.

**Het phytopharmaceutisch onderzoek bij Philips-Roxane**

De richtlijnen bij het phytopharmaceutisch onderzoek door Philips-Roxane zijn de volgende:

1) Door onderzoekingswerk te doen naar de natuurlijke chemische afweermiddelen in planten, tracht men inzicht te krijgen in de werking en de aard van deze stoffen, die de natuur als het ware heeft voorbestemd om de plant tegen schimmels en insecten bestand te maken.
2) Door te zoeken naar „systemische" chemicaliën, die door de plant worden opgenomen zonder haar schade te doen, tracht men de resistentie van de plant ten opzichte van bepaalde ziekten te vergroten of haar giftig te maken voor bepaalde insecten.
3) Door vele stoffen te toetsen op hun uitwerking op schimmels, insecten en hogere planten, hoopt men stoffen te vinden die zo min mogelijk giftig zijn voor mens en huisdier, en verder voor de insecten zo selectief mogelijk zijn, zodat zij zeer bepaalde insecten doden en voor andere onschadelijk zijn.

Het onderzoek op Boekesteyn geschiedt op vier afdelingen, die natuurlijk in zeer nauw contact staan met het chemisch laboratorium van Philips-Roxane, dat te Weesp is gevestigd. In laatstgenoemd laboratorium worden nieuwe chemische verbindingen gesynthetiseerd, die daarna in Boekesteyn worden getoetst.

De afdelingen op Boekesteyn zijn de volgende:

a) de entomologische afdeling, waar stoffen worden onderzocht op hun insecticide eigenschappen,
b) de mycologische afdeling, waar hetzelfde gebeurt ten aanzien van fungicide eigenschappen,
c) de systemische afdeling, waar systemische fungiciden en de natuurlijke afweermiddelen van de planten doel van het onderzoek zijn,
d) de herbiciden afdeling, waar nagegaan wordt welke concentraties van de onderzochte stoffen de groene planten beschadigen, en
e) de velddienst, die de stoffen welke na het onderzoek in het laboratorium iets beloven, verder in het veld toetst.

De lotgevallen van een ter beproeving ontvangen stof zijn in de regel als volgt:

Eerst wordt in de entomologische en de mycologische afdeling, en soms ook in de systemische, zeer vluchtig gekeken of de stof in geringe concentraties insecten of schimmels doodt. Er worden daartoe verschillende soorten insecten en schimmels gebruikt, wat dus inhoudt dat van deze soorten een

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



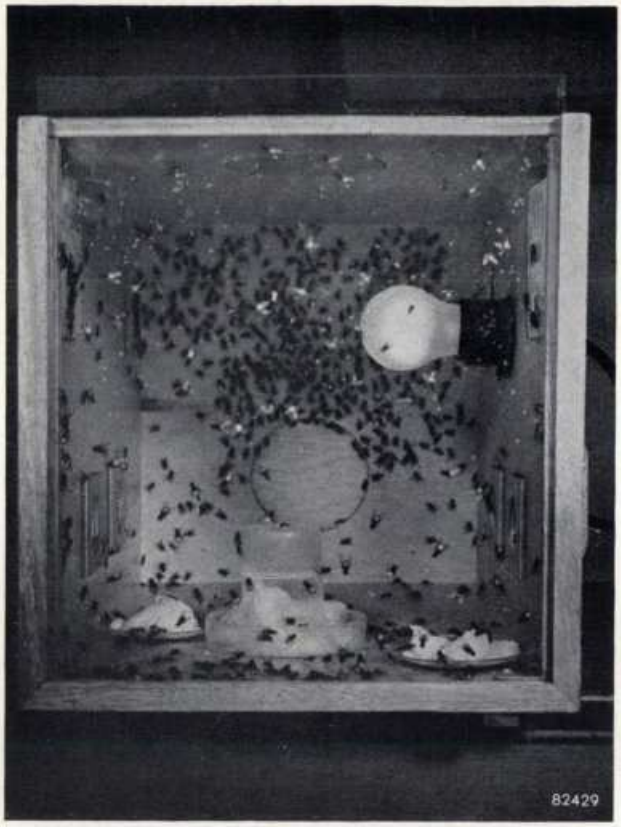



Fig. 2. Kweek van vliegen, die gebruikt worden bij de orienterende proef over insecticide werking van een te onderzoeken stof.

uitgebreide kweek moet worden onderhouden (*fig. 2*). Blijkt de stof in zeer grote verdunning werkzaam te zijn, dan bespuit men er planten mee, om na te gaan of deze door de stof worden beschadigd — hetgeen maar al te dikwijls het geval is. Indien echter de plant veel minder gevoelig is dan de schimmels of de insecten (de gevoeligheid moet ten minste enige honderden malen kleiner zijn), dan vindt men hierin een reden tot verder onderzoek. Dit houdt in de eerste plaats in dat men nauwkeurig de concentratie bepaalt waarbij 50 % sterfte optreedt bij schimmels of insecten, resp. bij planten. Het onderzoek wordt hierbij over meer schimmel- of insectensoorten uitgestrekt dan bij de vorige proef.

Lijkt de stof na dit alles nog steeds iets te beloven, dan volgt een onderzoek naar de giftigheid voor warmbloedigen en worden er enige proeven in het veld mee gedaan.

Is ook nu de indruk nog gunstig, dan wordt nader bekeken of de stof in productie kan worden genomen. Dit betekent dat het volgende moet gebeuren: het uitzoeken van de eenvoudigste bereidingswijze, het berekenen van de kostprijs, het nemen van proeven over de „formulering" (dwz. de vorm waarin de stof het best kan worden gebruikt: als spuitpoeder, als stuifpoeder, als emulsie, enz.), voorts het door middel van veldproeven uitvoerig onderzoeken tegen welke ziekten of plagen de stof bruikbaar is; ten slotte moet nog in verschillende landen aan de bevoegde autoriteit toestemming worden verzocht om de stof voor bepaalde doeleinden in de handel te mogen brengen (in Nederland wordt zulk een verzoek via de Plantenziektenkundige Dienst gericht aan de Directeur-Generaal van de Landbouw).

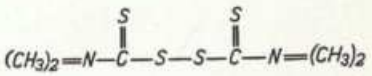
Het zal duidelijk zijn dat slechts zeer weinige van de honderden stoffen die Weesp jaarlijks naar Boekesteyn stuurt, het einddiploma behalen. Verreweg de meeste brengen het niet verder dan het eerste, orienterende, onderzoek, en van de weinige die dit stadium passeren, vallen er na verder onderzoek ook nog af. Vele teleurstellingen moeten dan ook worden goedgemaakt door de zeer grote uitzonderingen die de eindstreep bereiken.

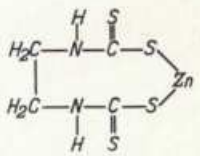
## AANHANGSEL: STRUCTUURFORMULES

Hieronder geven wij de structuurformules van stoffen die in het voorgaande onder gelijkluidend nummer werden genoemd.

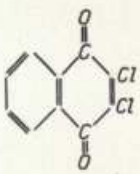
### *Fungiciden*

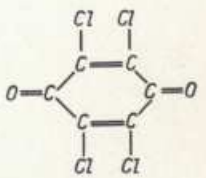
Dithiocarbaminaten

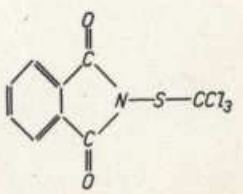
[1] TMTD . . . . 

[2] zineb . . . . . 

Chinonen

[3] dichloornaftachinon . . . . . 

[4] tetrachloorbenzochinon . . . . . 

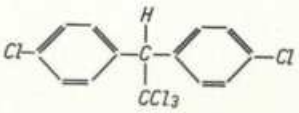
[5] Captan . . . . . 

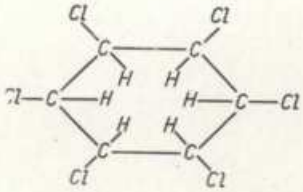
Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

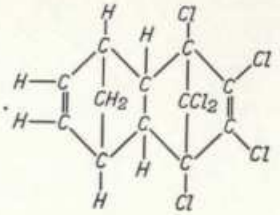
www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

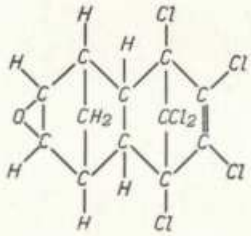


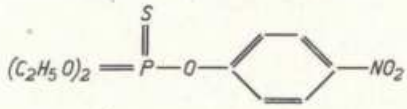
***Insecticiden***

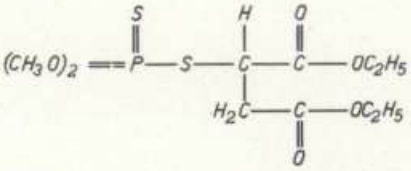
[6] DDT . . . . . 

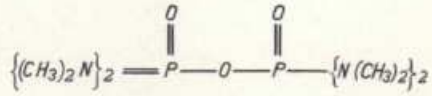
[7] HCH, BHC, lindaan . . . 

[8] Aldrin . . . . . 

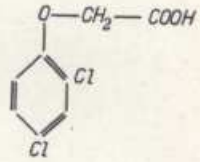
[9] Dieldrin . . . . . 

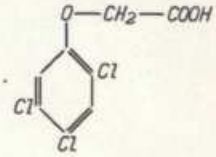
[10] Parathion . . . 

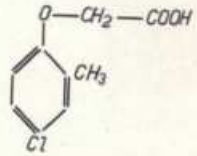
[11] Malathion . . . 

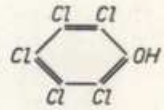
[12] Schradan (systemisch insecticide) . . . . . 

***Herbiciden***

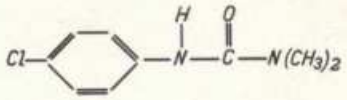
[13] 2,4-D . . . . . 

[14] 2,4,5-T . . . . . 

[15] MCPA . . . . . 

[16] PCP . . . . . 

[17] TCA . . . . . $CCl_3-COOH$

[18] CMU . . . . . 

---

**Samenvatting.** Dit artikel vormt een inleiding tot een serie van artikelen over het werk dat in het phytopharmaceutisch laboratorium „Boekesteyn" van de N.V. Philips-Roxane wordt verricht. Dit werk bestaat in het onderzoeken van stoffen die in het chemisch laboratorium van deze N.V. te Weesp zijn vervaardigd.

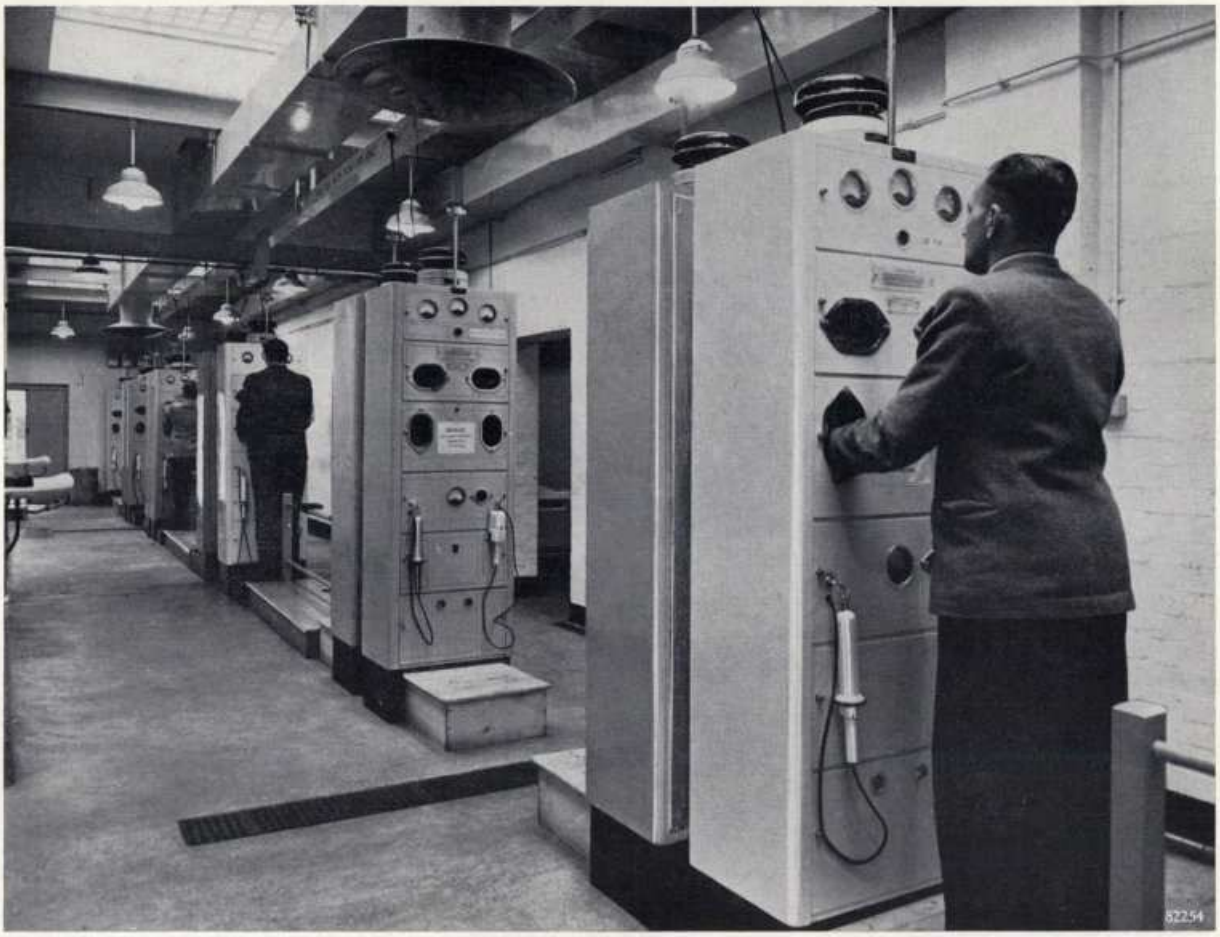
De schrijver begint met erop te wijzen dat de intensivering die land- en tuinbouw de laatste eeuw te zien hebben gegeven, bestrijding van ziekten en plagen noodzakelijker maakt dan ooit. Chemische middelen hebben in deze bestrijding een belangrijk aandeel. Middelen tegen schimmel- en bacterieziekten (tegen virusziekten kent men nog geen chemische middelen) en tegen insecten- en onkruidplagen passeren de revue. Daarna volgen een opsomming van de afdelingen waarin Boekesteyn is gesplitst (een entomologische, een mycologische en een „systemische" afdeling, benevens een velddienst voor de beproeving in de practijk), en een beschrijving van de weg die de te onderzoeken stoffen afleggen. Het artikel besluit met een Aanhangsel, waarin van vele der ter sprake gekomen stoffen de structuurformule wordt gegeven.

---

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023





# EEN TOESTEL VOOR HET AANTONEN VAN RADIOACTIEVE BESMETTING AAN HANDEN, VOETEN EN KLEDING

door A. NEMET *), R. B. STEPHENS *) en W. A. BAYFIELD *).

621.387.4:614.8-084.4

*In laboratoria en werkplaatsen waar met radioactieve stoffen wordt gewerkt of waar ioniserende stralingen aanwezig zijn, staat het personeel bloot aan gevaren voor de gezondheid, die het treffen van bepaalde voorzorgsmaatregelen noodzakelijk maken. Hieronder vallen het opsporen en meten der schadelijke stralingsbronnen met behulp van speciale instrumenten („monitors").*

*Dit artikel beschrijft een dergelijk toestel dat enige jaren geleden ontwikkeld is voor bescherming van het personeel in laboratoria en fabrieken voor atoomenergie in Engeland. Het toestel is interessant door de verscheidenheid van tel-inrichtingen die daarin worden toegepast om aan de zware gestelde voorwaarden te voldoen.*

De instrumenten voor het vaststellen van eventueel voor de gezondheid schadelijke radioactieve straling kunnen in de volgende hoofdtypen worden verdeeld [1]):

1) Persoonlijke stralingsmeters, voor het meten van de stralingsdosis die iemand in totaal heeft opgelopen (dosimeters) [2]).

2) Verkenningstoestellen, waarmee men de stralingsintensiteit op verschillende plaatsen meet.

*) Philips Balham Works, Londen.

[1]) D. Taylor, Radioactivity surveying and monitoring instruments, J. sci. Instr. **27**, 81-88, 1950. Zie ook R. B. Stephens, J. Brit. Inst. Radio Engrs. **14**, 377-386, 1954 (No. 8).

[2]) Een onlangs ontwikkeld instrument van dit soort is beschreven door N. Warmoltz and P. P. M. Schampers, Philips techn. T. **16**, 134-139, 1954 (No. 4-5).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



Op grond van het aldus bepaalde stralingsveld kan men de werkzaamheden in een laboratorium zodanig regelen dat de straling waaraan de werkers worden blootgesteld, voor ieder tot een minimum wordt beperkt.

3) Instrumenten voor het opsporen van radioactieve besmetting. Deze instrumenten kan men onderverdelen in:

a) Indicatoren voor de besmetting van ruimten; hiermee controleert men de eventuele besmetting van oppervlakken, apparaturen, enz., en eventueel van de lucht in het laboratorium.

b) Indicatoren voor de besmetting van personeel; hiermee controleert men de eventuele besmetting aan handen, voeten en kleding.

Een instrument voor het controleren van de besmetting van ruimten is eerder in dit tijdschrift besproken [3]). In hetgeen volgt, zal een toestel van de laatstgenoemde klasse (3b) worden beschreven. Het toestel is enkele jaren geleden door het laboratorium van de Philips Balham Works in samenwerking met het Atomic Energy Research Establishment te Harwell ontwikkeld [4]). De titelfoto toont een reeks van deze toestellen die in een atoombedrijf in Engeland in gebruik zijn (de foto is met toestemming van de Comptroller van het Engelse Stationery Office overgenomen uit het boekje „Britain's Atomic Factories").

**Eisen waarop het toestel werd gebaseerd**

Het toestel is dus bestemd om personeel dat zelf met radioactieve stoffen werkt, of werkzaam is in een ruimte waar met dergelijke stoffen wordt gewerkt, te beschermen tegen gevaren voor de gezondheid als gevolg van radioactief materiaal dat ongemerkt op de handen, de schoenzolen of de kleding is terechtgekomen. De bedoelde gevaren kunnen te wijten zijn aan doordringende $\gamma$-straling uit een radioactieve bron die zich bijv. in de kleding bevindt, ofwel het radioactieve materiaal kan via de mond in het lichaam geraken. In het laatste geval zal het gevaar o.a. afhangen van de door het lichaam opgenomen hoeveelheid en de soort straling. Bepaalde elementen met $\alpha$-emissie concentreren zich bij voorkeur in het beendermerg. Besmetting met deze elementen is bijzonder gevaarlijk, daar de rode en witte bloedlichaampjes dan door de ionisatie aan hun bron worden vernietigd. De tolerantieniveaus voor zulke in het lichaam geraakte stoffen zijn derhalve zeer laag.

De enige bescherming tegen deze gevaren bestaat daarin, de handen grondig te wassen en al het actieve materiaal uit de kleding te verwijderen. Ter controle of deze reiniging afdoende is geschied, wordt vervolgens de besmettingsindicator gebruikt:

a) Men vergewist zich of de besmetting van de handen beneden het tolerantieniveau is. Dit geschiedt afzonderlijk voor $\alpha$- en $\beta$-$\gamma$-besmetting, aangezien de aard der stralingen verschillend is en derhalve verschillende soorten detectoren nodig zijn.

b) Men controleert of de kleding vrij is van besmetting, eveneens afzonderlijk voor $\alpha$- en $\beta$-$\gamma$-activiteit.

c) Men controleert de mate van activiteit aan de schoenzolen, die te wijten is aan het opnemen van actief materiaal van de grond. Dit geschiedt alleen voor $\gamma$-besmetting.

De belangrijkste kenmerken die het onderhavige instrument onderscheiden van andere toestellen voor het vaststellen van schadelijke stralingen, zijn de volgende: 1) Een relatief groot oppervlak (handen, kleding) moet worden onderzocht. 2) De te meten activiteit is zeer gering. Vaak beantwoordt zij slechts aan een activiteit van dezelfde orde als het aantal achtergrondimpulsen dat door de kosmische straling en de natuurlijke radioactiviteit van de omgeving wordt veroorzaakt. 3) Men heeft de plaats van de stralingsbron ten opzichte van de teller niet nauwkeurig in de hand; het radioactieve materiaal kan zich bijv. bevinden in plooien van de huid, of onder de vingernagels. 4) Het toestel moet worden gebruikt door personen met een sterk uiteenlopend intelligentiepeil. Het moet derhalve geheel automatisch werken, ongevoelig zijn voor bedieningsfouten, en geen bijzondere bedrevenheid vereisen van de zijde van de gebruiker.

De hierboven aangestipte tolerantieniveaus, dat zijn de maximale activiteiten die zonder schade in het lichaam opgenomen of op verschillende delen van het lichaam afgezet kunnen worden, zijn zeer moeilijk vast te stellen. In de laatste jaren heeft men deze niveaus al herhaaldelijk moeten wijzigen op grond van de opgedane ervaring op het gebied van de physische en biologische uitwerking van straling. Het toestel werd daarom zodanig geconstrueerd dat de meetresultaten in overeenstemming kunnen worden gebracht met eventueel gewijzigde tolerantieniveaus. Ten tijde van de constructie van het toestel werden de onderstaande niveaus als toelaatbaar aangenomen:

1) $\alpha$-besmetting aan de handen: 600 desintegraties per minuut per hand.
2) $\beta$- of $\gamma$-besmetting aan de handen: 6000 desintegraties per minuut per hand.
3) $\gamma$-besmetting aan de voeten: 500 000 desintegraties per minuut per voet.

[3]) G. Hepp, Een stralingsmeter met voeding door batterijen, Philips techn. T. **15**, 17-25, 1953 (No. 1).
[4]) G. S. Goulding en K. E. G. Perry, A hands and feet contamination monitor, Atomics **2**, 43-50, 1951.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



4) $\alpha$-besmetting aan de kleding: niet nader opgegeven; zie hieronder op blz. 365.
5) $\beta$- of $\gamma$-besmetting aan de kleding: evenals (4) niet nader opgegeven, zie echter hieronder, blz. 364.

**Keuze van de detectoren**

De verschillende tolerantieniveaus voor $\alpha$-, $\beta$- en $\gamma$-straling en de verschillen in de geometrische configuratie bij de controle van handen, voeten en kleding, maakten dat de keuze van de detector voor elk dezer gevallen opnieuw moest worden bezien. De gevallen zullen nu achtereenvolgens worden beschouwd.

*Detectoren voor de $\alpha$-besmetting der handen*

Voor het meten van de $\alpha$-activiteit aan de handen kwamen de scintillatieteller en de proportionele teller in aanmerking. De eerste heeft het voordeel van een zeer grote gevoeligheid, alsmede een korte hersteltijd (wat bij geringe activiteiten niet belangrijk is). Het is echter moeilijk een scintillatieteller zo te construeren dat er een groot oppervlak mee kan worden bestreken — een belangrijke eis voor deze toepassing. De proportionele teller daarentegen heeft als voordelen een eenvoudige constructie, een voor het doel voldoende gevoeligheid en een redelijke stabiliteit gedurende het gebruik. De teller kan ook gemakkelijk geschikt worden gemaakt om een groot oppervlak te bestrijken. Dit type teller werd daarom gekozen voor het controleren van de handen op $\alpha$-besmetting.

Weliswaar heeft de proportionele teller ook zekere nadelen: hij lijdt aan microfonie, hij levert een geringe impulshoogte (van de orde van 3 mV) en vereist daarom een versterker met grote versterkingsfactor, en hij heeft een hoge spanning nodig (2,5 kV), waardoor kleine doorslagen in de isolatie van onderdelen kunnen ontstaan, zodat „onechte" impulsen optreden. Gezien echter de grote voordelen, werden deze nadelen op de koop toe genomen.

In zijn eenvoudigste vorm bestaat de proportionele teller uit een cylindrische kathode, die een axiale dunne anodedraad omgeeft (zie *fig. 1*). Via een weerstand $R$ in de anodeleiding wordt een hoge spanning aan de teller gelegd. De gestippeld getekende condensator $C$ stelt de totale capaciteit van de telbuis en de weerstand voor. De telbuis kan met lucht of een ander gasmengsel gevuld zijn. Ioniserende deeltjes die de teller binnentreden en tegen de gasmoleculen botsen, zullen hieruit electronen vrij maken, die door het electrische veld worden versneld. De op de anode komende electronen zullen over $R$ een spanningsstoot doen ontstaan, en wel heeft de proportionele teller de eigenschap dat deze spanningsstoot evenredig is met de energie van het binnengetreden deeltje. Dit is een uiterst belangrijke eigenschap, want door een geschikte scheiding in de telschakeling kunnen impulsen van een bepaald

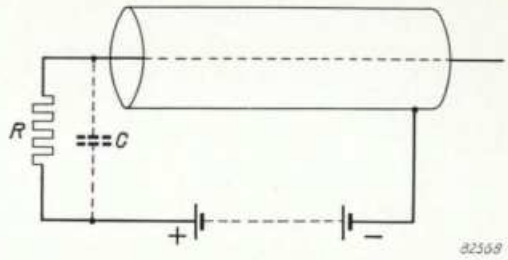



Fig. 1. Eenvoudige proportionele teller. $R$ anodeweerstand, $C$ effectieve capaciteit van de teller.

soort geteld worden, ook al is er een sterke achtergrond van impulsen van een ander soort, maar met geringere energie aanwezig. Zo kan in ons geval met behulp van deze tellers een $\alpha$-activiteit gemeten worden in aanwezigheid van een sterke achtergrond van $\beta$-straling.

De over de weerstand $R$ opgewekte spanningsstoot wordt gegeven door [5]):

$$V = \frac{Ane}{C},$$

waarin $n$ het aantal door het oorspronkelijke ionisatieproces gevormde electronen is ($n$ is evenredig met de energie van het invallende deeltje), $e$ de lading van het electron en $A$ de zg. gasversterkingsfactor.

De versterking door het gas ontstaat doordat elk aanvankelijk vrijgemaakt electron, zodra het het gebied van grote veldsterkte nabij de anodedraad binnentreedt, hier voldoende energie zal winnen (althans indien de anodespanning van de telbuis hoog genoeg is) om door botsingen verdere ionisatie teweeg te brengen. Ieder primair electron maakt dus een lawine van electronen vrij. Het aantal electronen van deze lawine is de grootheid $A$.

Is de aangelegde spanning laag, dan is de gasversterkingsfactor gelijk aan 1, en de telbuis wordt eenvoudig een ionisatiekamer. Door een juiste keuze van de soort gas, de gasdruk, de spanning en de diameter van de anodedraad, kunnen versterkingsfactoren tot $10^4$ worden verkregen.

Voor het meten van $\alpha$-straling moet men de proportionele teller van een uiterst dun venster voorzien om de absorptie klein te houden. Als gasvulling voor de teller komt daardoor alleen lucht onder atmosferische druk in aanmerking. Dit betekent natuurlijk dat de gasversterkingsfactor, die van de keuze van het gas en de gasdruk afhangt, reeds grotendeels is vastgelegd.

---

[5]) S. S. Korff, Electron and nuclear counters, Van Nostrand, New York 1946, p. 34.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



De proportionele teller voor het onderzoek van de handen is van een platte constructie, die het gehele oppervlak van een gemiddelde hand beslaat. Het ontwerp van een dergelijke teller is uitvoerig beschreven door Simpson [6]). Voor het onderhavige toestel is een constructie toegepast die in *fig. 2* is weergegeven. Een aantal dunne wolfraamdraden van 25 micron diameter zijn uitgespannen tussen twee nikkelpennen, die in een polystyreenraam zijn geperst. Deze draden vormen de anode van de teller. Het polystyreenraam bevindt zich tussen een metalen rugplaat en een papieren venster ter dikte van 8 micron. De metalen plaat en het papieren venster, dat door aluminiseren geleidend is gemaakt, vormen tezamen de kathode. Het venster wordt door een stevig metalen rooster beschermd.

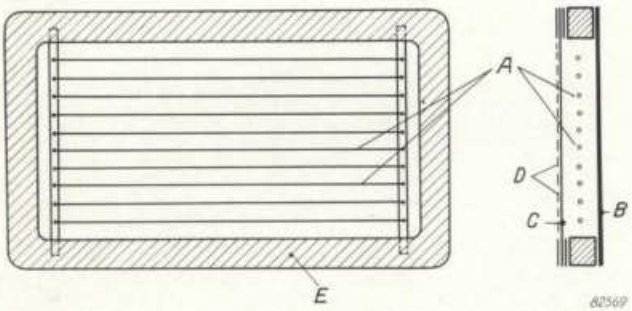



Fig. 2. Platte proportionele teller, die gebruikt wordt voor de meting van de $\alpha$-activiteit op de handen. *A* anode, bestaande uit een aantal evenwijdige wolfraamdraden van 25 micron diameter, *B* metalen rugplaat, *C* venster van 8 micron dik gealuminiseerd papier. *D* beschermend metalen rooster. De afmetingen van het polystyreenraam *E* zijn ongeveer 125 × 200 mm.

In het toestel worden vier van deze tellers gebruikt, twee voor elke hand. Hieronder wordt beschreven hoe deze worden geplaatst en in werking gesteld. Zij leveren een netto telrendement van de orde van 25 % (aantal impulsen per desintegratie in de bron). Het $\alpha$-tolerantieniveau van 600 desintegraties per minuut beantwoordt derhalve aan ongeveer 75 impulsen per minuut van elke teller.

*Detectoren voor $\beta$- en $\gamma$-besmetting der handen*

De $\beta$- en $\gamma$-activiteit die moet kunnen worden aangetoond, is zo zwak dat zij niet goed met ionisatiekamers of proportionele tellers kan worden gemeten. De meest geschikte detector voor dit doel is de Geiger-Müller-buis. Voor een nadere bespreking van de werking van de Geiger-Müller-buis zij hier naar de literatuur verwezen [7]) [8]). Terloops willen wij echter opmerken dat deze buis in feite een grensgeval van een proportionele teller is, waarbij men nl. de gasversterkingsfactor zeer hoog heeft opgevoerd. Dientengevolge brengt de primaire ionisatie een ionenlawine teweeg die zich uitbreidt over het gehele actieve volume van de buis. De proportionaliteit gaat in dit geval verloren: ieder primair ioniserend deeltje brengt onafhankelijk van zijn energie een zelfde spanningsstoot teweeg. De resulterende zelfstandige gasontlading moet gedoofd worden, wat door inwendige of uitwendige middelen kan geschieden.

In ons toestel zijn Geiger-Müller-buizen toegepast die door een toevoeging van ethylbromide zelf doven. De buizen werken met een spanning van 1100 volt en hebben een plateau (gebied van anodespanningen waarin de telsnelheid niet noemenswaard verandert) ter lengte van ongeveer 100 volt. Dit type telbuis werd gekozen daar het ten tijde van de ontwikkeling van het toestel gemakkelijk verkrijgbaar en zijn gedrag goed bekend was.

Voor de meting van de $\beta$- en $\gamma$-activiteit der handen wordt de volgende opstelling toegepast. Door vier dunwandige cylindrische telbuizen — op iedere zijde van elke hand één — wordt de hand van de vingertoppen tot de pols afgetast. De aftastperiode duurt 30 seconden, in welke tijd van een „tolerantiehand" (waarop 100 desintegraties per seconde plaatsvinden) 100 impulsen kunnen worden verwacht. Zoals men ziet, is het telrendement zeer laag, hetgeen in hoofdzaak te wijten is aan de ongunstige geometrische omstandigheden. De achtergrondimpulsen van de vier telbuizen in de genoemde aftastperiode belopen ongeveer 80, zodat bij het aftasten van twee „tolerantiehanden" het meetresultaat tot meer dan het dubbele van de waarde van de achtergrond stijgt.

Men zou een veel hoger netto telrendement kunnen bereiken door niet een aftastsysteem toe te passen, doch reeksen telbuizen aan weerskanten van elke hand, zodanig dat hierdoor het gehele oppervlak van de hand wordt bestreken. Men zou dan echter het ernstige nadeel gehad hebben dat de anodespanning voor elke telbuis afzonderlijk zou moeten worden ingesteld, en gedurende de levensduur van de buis, waarbij de dovende damp geleidelijk wordt verbruikt, nu en dan zou moeten worden bijgesteld. Daar men in totaal ongeveer 16 telbuizen nodig zou hebben, zouden de instelling en het onderhoud van het toestel een zeer tijdrovende bezigheid worden.

*Detectoren voor de $\gamma$-besmetting der voeten*

Voor het meten van de $\gamma$-activiteit op de schoenzolen zijn onder de stalen plaat waarop de gebruiker van het toestel gaat staan, twee grote Geiger-Müller-buizen geplaatst. Ieder der buizen heeft

[6]) J. A. Simpson, Rev. sci. Instr. **19**, 733, 1948.
[7]) H. Friedman, Proc. Inst. Radio Engrs. **37**, 791, 1949.
[8]) D. Taylor en J. Sharpe, Nuclear particle and radiation detectors, II. Proc. Inst. Electr. Engrs. **98**, Pt. II, 214, 1951.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



een actieve lengte van ongeveer 250 mm en een diameter van 30 mm. Dank zij haar grote energie wordt de $\gamma$-straling in de stalen plaat niet noemenswaardig verzwakt.

Het netto rendement van de opstelling is wederom zeer laag, deels ten gevolge van de ongunstige geometrische situatie, en deels door het op zichzelf al geringe telrendement van een Geiger-Müller-telbuis voor $\gamma$-stralen. De ruimtehoek waaronder een eventuele bron op de schoenzolen de telbuizen ziet, is slechts een geringe fractie van $4\pi$. Toch geeft een activiteit die aan het tolerantieniveau beantwoordt, nog een meteraflezing (900 impulsen per minuut) die dubbel zo groot is als die ten gevolge van de achtergrond.

*Detector voor het afzoeken van de kleding op $\beta$-$\gamma$-besmetting*

Voor het opsporen van $\beta$-$\gamma$-activiteit op de kleding wordt een soortgelijk type Geiger-Müller-telbuis gebruikt als voor de meting van de $\beta$-$\gamma$-activiteit der handen. De buis is op de in *fig. 3* weergegeven

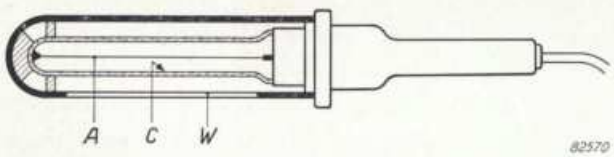



Fig. 3. $\beta$-$\gamma$-sonde voor de kleding. Deze bestaat uit een Geiger-Müller-telbuis in een beschermend omhulsel. *A* anodedraad, *C* gegrafiteerde glazen wand die als kathode fungeert, *W* venster in het omhulsel van de sonde.

wijze ondergebracht in een „sonde". Het afzoeken van de kleding gebeurt hier met de hand, dus niet door automatisch aftasten als hierboven voor de controle der handen beschreven. Het netto telrendement is zodanig dat 900 impulsen per minuut aan het tolerantieniveau beantwoorden wanneer de sonde onmiddellijk boven een actieve plek wordt gehouden. Buiten gebruik hangt de $\beta$-$\gamma$-sonde aan een haak aan de linkerzijde van het toestel (*fig. 4*).

*Detector voor het afzoeken van de kleding op $\alpha$-besmetting*

Voor het opsporen van $\alpha$-activiteit op de kleding kan weer worden gekozen tussen een met lucht gevulde proportionele teller of een scintillatieteller, die beide voldoende gevoelig voor het doel zijn. Voor een toestel waarmee men de kleding wil aftasten, is het echter essentieel dat het tegen een stootje moet kunnen. Het microfonie-effect, dat ten gevolge van trillingen der anodedraden bij proportionele tellers optreedt, sluit hun gebruik in de hier bedoelde sonde uit.

De scintillatieteller die in de sonde voor $\alpha$-activiteit wordt toegepast, is in *fig. 5* geschetst. In hoofdzaak bevat hij een venster, een zinksulfidescherm en een fotomultiplicatorbuis. Het venster, dat de $\alpha$-straling moet doorlaten doch alle uitwendige licht van de fotocel moet afschermen, is opgebouwd uit twee aluminiumfoelies van 8 micron elk. (Twee foelies worden gebruikt ten einde de kans op het doorlekken van licht door kleine gaatjes te verminderen; het is immers zeer onwaarschijnlijk dat een gaatje in de ene foelie juist tegenover een gaatje in de andere komt te staan.) Het zinksulfidescherm

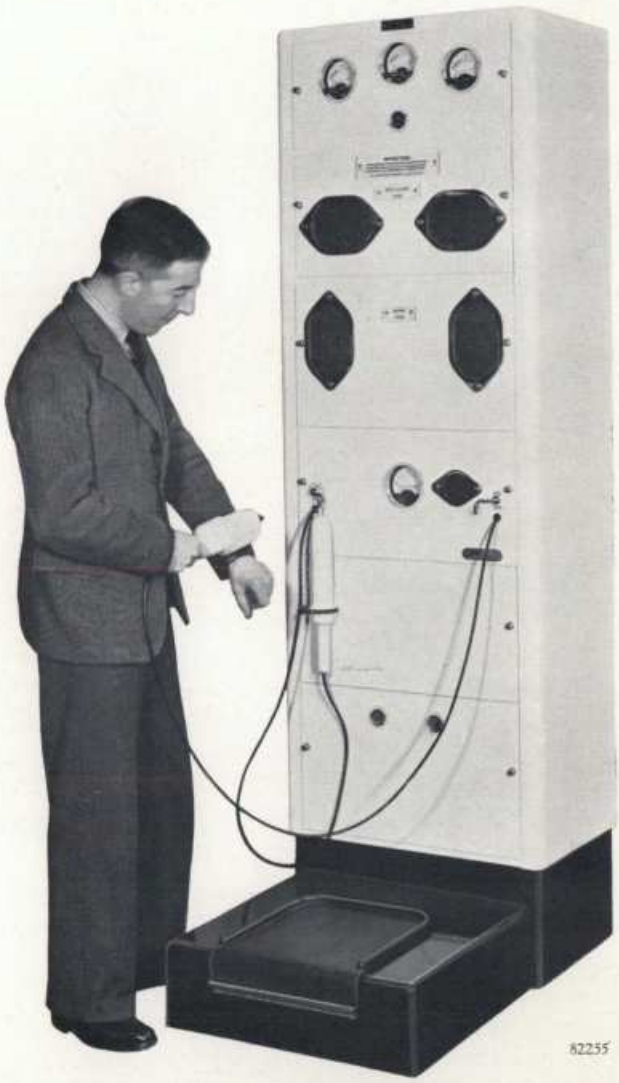



Fig. 4. Het gehele toestel, met de $\alpha$-sonde in gebruik.

is met zilver geactiveerd en op een „Perspex" plaatje aangebracht. De erop vallende $\alpha$-deeltjes veroorzaken scintillaties van het scherm. Het opgewekte licht wordt door een aluminiumreflector van prismatische vorm gereflecteerd naar het voor licht gevoelige oppervlak van de fotomultiplicatorbuis.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



Het netto telrendement van deze sonde is zodanig dat ongeveer 300 impulsen per minuut beantwoorden aan het tolerantieniveau wanneer de sonde onmiddellijk boven een actieve plek wordt gehouden.

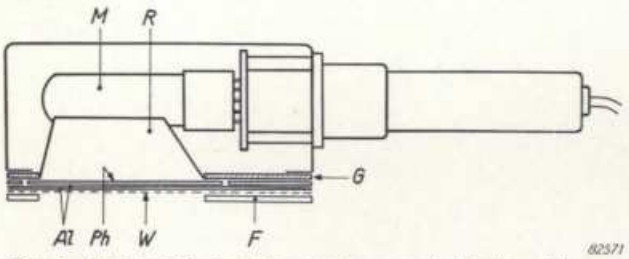



Fig. 5. Constructie van de $\alpha$-sonde voor de kleding. *F* raam, *W* beschermend draadnet, *Al* twee aluminiumfoelies, ieder 8 micron dik, *Ph* fosfor (zinksulfide), *R* reflector, *M* fotomultiplicatorbuis, *G* rubberpakking.

**Werking van het toestel en toegepaste schakelingen**

Alvorens de uitvoering van het instrument en de toegepaste meetschakelingen te bespreken, is het nuttig de procedure bij de meting nader te beschrijven.

*Meetprocedure*

De gebruiker steekt eerst beide handen door de verticale spleet voor de $\alpha$-controle van de handen (zie de titelfoto en fig. 4). Zijn vingertoppen stoten daarbij tegen voelschakelaars, die een motor inschakelen; deze beweegt door een hefboommechanisme de verticaal opgestelde $\alpha$-tellers naar de handen toe. In het hefboommechanisme zijn veren opgenomen om dikteverschillen van de handen op te vangen. Liggen de tellers aan weerskanten tegen de handen aan, dan sluiten zij een andere schakelaar, die relais bekrachtigt, waardoor de motor afgeschakeld wordt en na een korte vertraging een tijdschakelaar in werking wordt gesteld, die een telperiode van 15 seconden doet beginnen. Gelijktijdig wordt door een lichtsein de gebruiker gewaarschuwd dat de meting aan de gang is. De opgetelde impulsen worden voor iedere hand afzonderlijk op meters links en rechts boven in het instrument aangegeven (fig. 4). De meteraanwijzing neemt tot het einde van de telperiode geleidelijk toe, dan dooft het waarschuwingslicht en men kan op de meters de mate van $\alpha$-activiteit op de handen aflezen. Bij terugtrekking van de handen gaan de meters naar nul terug en brengt de motor de tellers weer in de aanvangspositie voor de volgende meting. Trekt men de handen terug vóór het einde van de telperiode van 15 seconden, dan gaat een alarmbel over. Het alarm wordt ook gegeven als de $\alpha$-besmetting van een der handen groter is dan met het tolerantieniveau overeenkomt. De persoon in kwestie moet dan zijn handen opnieuw wassen en nog eens met het toestel controleren.

Voor de meting van de $\beta$-$\gamma$-besmetting duwt men de handen door de horizontale spleten van het hiervoor bestemde deel van het toestel (fig. 4). De vingertoppen drukken daarbij twee schakelbalken achterin het toestel in, waardoor het toestel in werking wordt gesteld. De op een wagentje gemonteerde Geiger-Müller-tellers komen in beweging en tasten langzaam de handen af. Aan het begin van het aftasten wordt door contacten de telschakeling gesloten die bij deze meting behoort (en eveneens de telschakeling voor de $\gamma$-activiteit van de voeten; zie hieronder). Aan het einde van zijn slag schakelt het wagentje de motor af en onderbreekt het de telschakelingen. Doordat een synchrone motor wordt gebruikt, kan de tijdsduur van het aftasten, en dus ook van het tellen, gemakkelijk worden vastgelegd. Deze is op 30 seconden ingesteld. De $\beta$-$\gamma$-besmetting der handen wordt voor iedere hand afzonderlijk op de reeds genoemde meetinstrumenten bovenin het instrument afgelezen. Wederom gaat de alarmbel over als de besmetting het tolerantieniveau overschrijdt of als men de handen vóór het einde van de telperiode terugtrekt.

Zoals vermeld, wordt de telschakeling voor de $\gamma$-besmetting der voeten mede bestuurd door de contacten op het aftastmechanisme voor de $\beta$-$\gamma$-activiteit der handen. De $\gamma$-telling voor de voeten vindt dus gelijktijdig plaats, en het totale aantal impulsen in de telperiode van 30 seconden wordt op de middelste meter boven in het instrument aangegeven.

De impulsaantallen van de sonden, die alleen in werking komen als zij van de haak afgenomen worden, kunnen op de meter op het sondenpaneel halverwege het toestel worden afgelezen (fig. 4).

*Meetschakelingen*

In *fig. 6* ziet men een blokschema van de apparatuur die ervoor zorgt dat de verschillende teloperaties op de juiste wijze verlopen, dat de impulsen over de gewenste tijdsperiodes geteld worden, en dat de totale impulsaantallen op een meter kunnen worden afgelezen. De $\alpha$-tellers en de $\beta$-$\gamma$-tellers voor de handen, alsmede de $\gamma$-tellers voor de voeten, worden via versterkers op telschakelingen in deze apparatuur aangesloten. Voor de vijf telkanalen zijn slechts drie telschakelingen nodig, aangezien de $\alpha$-activiteit en de $\beta$-$\gamma$-activiteit der handen niet gelijktijdig worden gemeten. Twee der telschakelingen met hun bijbehorende meters kunnen daardoor zowel voor de $\alpha$-meting als voor de daarop volgende $\beta$-$\gamma$-meting dienen. De $\alpha$-sonde (scintillatiescherm met fotomultiplicator) en de $\beta$-$\gamma$-sonde (Geiger-Müller-telbuis) worden via versterkers aangesloten

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



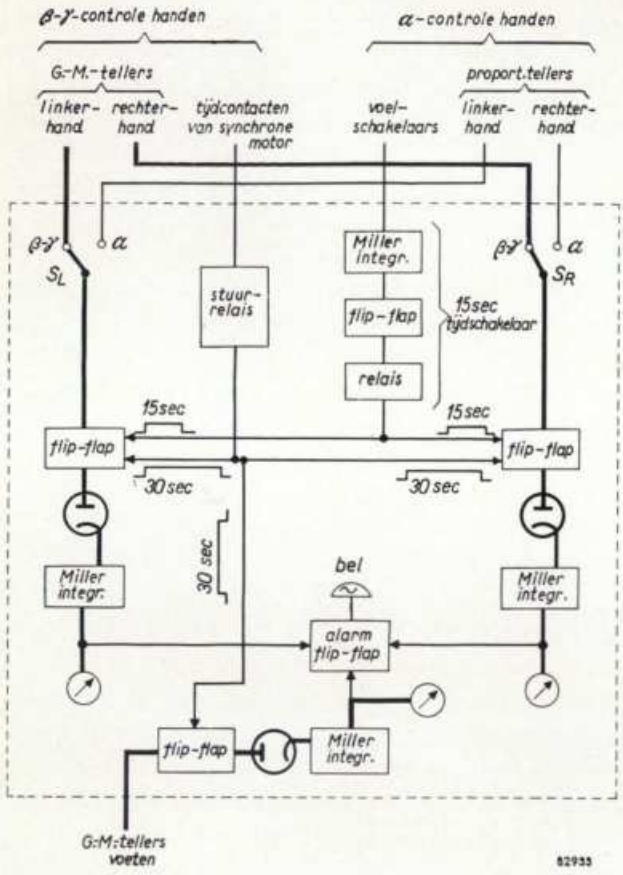



Fig. 6. Blokschema van de schakelingen voor het tellen en het vastleggen van de teltijden. Er zijn drie afzonderlijke telkanalen. Eén hiervan telt alleen de $\gamma$-impulsen van de voeten, de twee andere tellen de $\alpha$-activiteit ofwel de $\beta$-$\gamma$-activiteit der handen, naar gelang van de stand van de schakelaars $S_L$, $S_R$. Met dikke lijnen zijn de wegen van de telimpulsen aangegeven (voor het geval er een $\beta$-$\gamma$-telling plaatsvindt). De telperiode voor de $\alpha$-activiteit van de handen wordt bestuurd door een tijdschakelaar voor 15 seconden, die berust op een integreerschakeling volgens Miller. De telperiode voor de $\beta$-$\gamma$-activiteit der handen (en de $\gamma$-activiteit der voeten) wordt vastgelegd door de synchrone motor die de aftasting der handen bewerkstelligt. Op de Miller-integreerbuizen van alle drie telschakelingen is een alarmketen aangesloten.

op een logarithmische impulsdichtheidsmeter (count rate meter) en een luidspreker.

Iedere telschakeling bevat een als impulsvormer dienende flip-flap-schakeling met één stabiele toestand [9]), alsmede een integrerende keten, waarop het aanwijsinstrument is aangesloten. Bij gebruik van deze integrerende keten is een impulsvormer onmisbaar: zonder hem zouden de impulsen van verschillende hoogte worden opgeteld tot een eindaflezing die in het geheel geen verband meer zou houden met het aantal impulsen. De flip-flap-schakeling fungeert ook als discriminator: voor het doen omslaan van de flip-flap is een impuls ter grootte van ongeveer 5 V noodzakelijk; zwakkere impulsen (bijv. ruis) worden niet geregistreerd.

[9]) Zie bijv. O. S. Puckle, Time bases and scanning generators, Chapman and Hall, Londen 1951, 2e ed., p. 72-85.

*Integreerschakeling*

De integratie wordt door een soort Millerschakeling uitgevoerd [10]), zie *fig.* 7. De Millerschakeling bestaat in hoofdzaak uit een penthode, die normaal in afgeknepen toestand is gehouden door een schakelaar die zorgt dat het stuurrooster

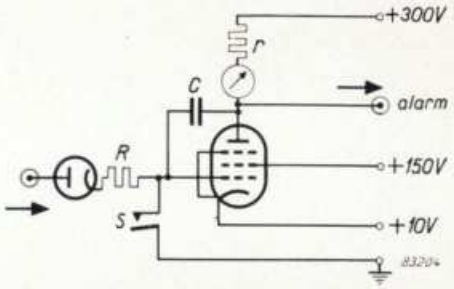



Fig. 7. Integreerschakeling volgens Miller.

zich op een 10 V lagere potentiaal dan de kathode bevindt. Het stuurrooster is via een condensator $C$ met de anode verbonden. De telperiode begint als men de schakelaar opent, waardoor het stuurrooster wat betreft zijn potentiaal aan zichzelf wordt overgelaten. De lekstromen zijn zo gering dat de stuurroosterpotentiaal zich niet aanmerkelijk wijzigt — althans niet genoeg om de buis in de geleidende toestand te laten overgaan, zolang er geen impulsen op het rooster komen. De gevormde telimpulsen worden via een scheidingsdiode en een weerstand $R$ aan het rooster toegevoerd. Iedere impuls doet de lading van de condensator $C$ met een constant bedrag toenemen, waardoor de anodestroom van de buis eveneens telkens aangroeit.

De lading die per impuls op de condensator komt, is $V_p t/R$, waarin $V_p$ de impulsamplitude is en $t$ de impulsduur. De condensatorspanning neemt dus per impuls met $V_p t/RC$ toe. Ten gevolge van de versterking door de buis treedt een spanningsdaling van de anode op, die vrijwel gelijk is aan de toeneming van de condensatorspanning. De stroom door de meter wordt dus:

$$I = N \frac{V_p t}{RCr},$$

waarin $N$ het totale aantal impulsen is dat sinds het begin van de telperiode is binnengekomen.

Het toestel bevat drie van deze schakelingen (fig. 6): een voor de linkerhand ($\alpha$ of $\beta$-$\gamma$), een voor de rechterhand ($\alpha$ of $\beta$-$\gamma$) en een voor de voeten ($\gamma$). Gedurende het meten van de $\beta$-$\gamma$-activiteit worden de tijdconstanten ($RC$-waarden) van de Millerintegratoren die zowel voor de $\alpha$- als voor de $\beta$-$\gamma$-

[10]) Zie bijv. Philips techn. T. **12**, 333 e.v., 1950.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



meting dienen, automatisch gewijzigd om de schaalconstanten van de meters aan te passen bij de verschillen in telrendement en in $\alpha$- resp. $\beta$-$\gamma$-tolerantieniveaus.

*De tijdschakelaar voor 15 seconden*

Een integreerschakeling volgens Miller wordt ook gebruikt om de telperiode voor de $\alpha$-activiteit van de handen nauwkeurig vast te leggen. In dit geval bevindt de penthode van de Miller-schakeling zich normaal in de geleidende toestand (*fig. 8*), maar de

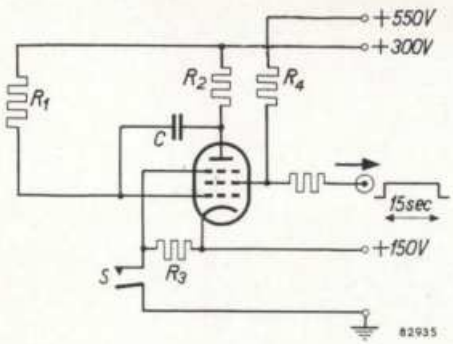



Fig. 8. Integreerschakeling volgens Miller die gebruikt wordt in de tijdschakelaar voor 15 seconden.

kathodestroom vloeit in zijn geheel door de schermroosterweerstand $R_4$; het remrooster wordt nl. ongeveer 150 V beneden de kathodepotentiaal gehouden, zodat geen anodestroom vloeien kan. Heeft men zijn handen in het toestel gestoken, en hebben de tellers zich om de handen gesloten, dan gaat de schakelaar $S$ open en het remrooster komt op kathodepotentiaal. Nu gaat er anodestroom vloeien en de schermroosterstroom daalt plotseling. De spanningsval van de anode werkt via $C$ op het stuurrooster, waardoor de buis bijna afgeknepen wordt. Gelijktijdig doet de spanningsstijging van het schermrooster de flip-flap-schakeling omslaan en een relais opkomen, waardoor het tellen begint. De spanning op het stuurrooster begint nu weer toe te nemen ten gevolge van de stroom die via $R_1$ hierheen vloeit, maar ook nu neemt ten gevolge van de versterking door de buis de anodespanning nog sneller af, met een snelheid die in eerste benadering door $C$ en $R_1$ wordt bepaald. Is de anode op de laagste spanning aangekomen (bij ongeveer 20 V boven kathodepotentiaal), dan neemt de stuurroosterspanning snel toe en de schermroosterstroom wordt groter. De schermroosterspanning daalt daardoor en de flip-flap-schakeling keert naar de normale toestand terug, waardoor het genoemde relais afvalt en de telperiode beëindigd wordt. De duur van het „aflopen" van de Miller-schakeling is op 15 seconden ingesteld.

*De alarmschakeling*

De anodes van de integreerbuizen van de drie telschakelingen zijn wederom aan een flip-flap-schakeling verbonden. Treedt bij een der buizen een te grote daling van de anodespanning op, dan slaat de flip-flap-schakeling om, waardoor een alarmbel in werking treedt. De flip-flap-schakeling wordt zo ingesteld dat het omslaan plaatsvindt wanneer de activiteit die door één der drie telschakelingen wordt geregistreerd, het tolerantieniveau te boven gaat.

De alarmbel is via relais ook aangesloten op de schakelaars die bij de $\alpha$- resp. bij de $\beta$-$\gamma$-controle van de handen door de vingertoppen worden bediend; zo krijgt men het alarmsignaal als één der handen gedurende de telperiode teruggetrokken wordt.

## Uitvoering van het toestel

*De meetinrichting voor de $\alpha$-activiteit der handen*

Het apparaat voor de $\alpha$-besmettingscontrole van de handen is in *fig. 9* weergegeven. De door de vingertoppen bediende schakelaars ziet men achter de tellers. Het relais dat door de tijdschakelaar voor 15 seconden wordt bekrachtigd (fig. 6), neemt de negatieve voorspanning van de flip-flap-schakelingen weg, waardoor de telimpulsen op deze laatste kunnen gaan werken.

De impulsen ter grootte van ongeveer 3 mV die door ieder paar tellers worden geleverd, worden aan

Fig. 9. Bovenaanzicht van het controle-apparaat voor $\alpha$-besmetting der handen.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



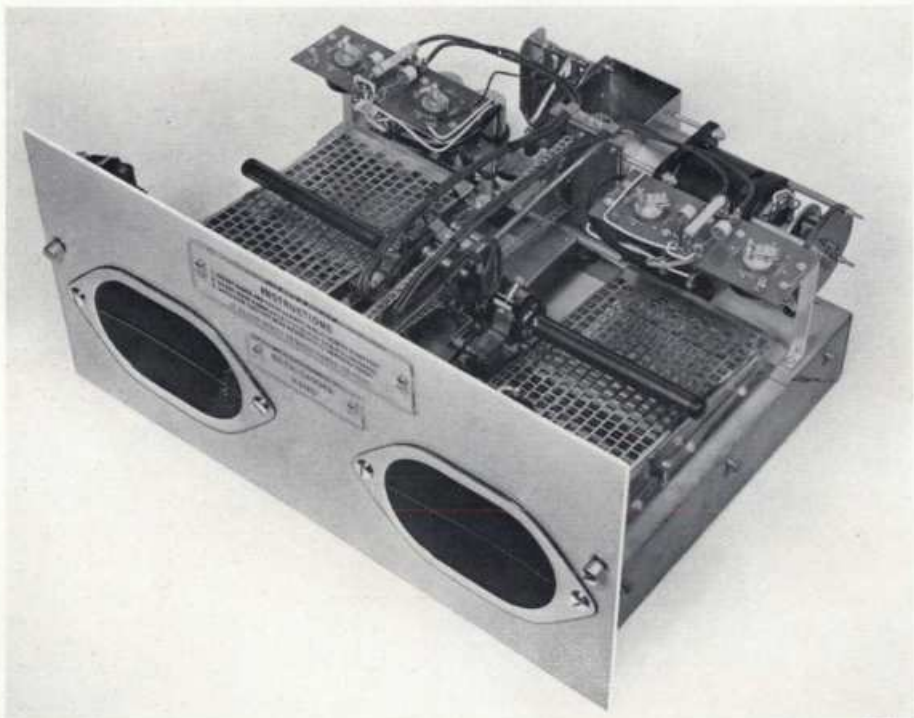
een drietrapsversterker met tegenkoppeling toegevoerd, die een versterking van ongeveer 1600 geeft. De versterkte impulsen hebben een amplitude van ongeveer 5 V, die noodzakelijk is voor het doen omslaan van de flip-flap-schakelingen die de Miller-integratoren voeden.

Met het oog op het lage niveau van de door de telbuizen geleverde impulsen, moest er zeer zorgvuldig tegen gewaakt worden dat valse impulsen optreden, ten gevolge van microfonie in de versterkers en in de telbuizen zelf, door lek over de isolatoren en door ophoping van stof of haartjes in de tellers. Microfonie-effecten in het systeem zijn sterk gereduceerd doordat de versterker slechts frequenties boven ongeveer 10 kHz doorlaat. De isolatoren worden bij de montage van het toestel met alcohol gereinigd, en de tellers worden met warme schone lucht uitgeblazen om stof en haartjes te verwijderen. Lek ten gevolge van het neerslaan van vocht op de tellers wordt tegengegaan door verhittingsweerstanden, die onder de tellers zijn geplaatst en die hun omgevingstemperatuur op ongeveer 40 °C houden.

*De meetinrichting voor de β-γ-activiteit der handen*

*Fig. 10* toont het apparaat voor de β-γ-besmettingscontrole van de handen, van boven gezien. Achter de vlakke tralies bevinden zich de schakelstangen, die het telmechanisme in werking stellen. De contacten die bij het gaan bewegen van de telbuizen worden gesloten (achter in het apparaat), doen de eigenlijke telling beginnen, door weer de negatieve voorspanning van de flip-flap-schakelingen weg te nemen.

Aangezien voor deze meting Geiger-Müller-telbuizen worden gebruikt, zijn de verkregen impulsen al tamelijk groot; deze behoeven dus slechts weinig versterkt te worden alvorens aan de telschakeling te worden toegevoerd. Een vijfvoudige versterking is al voldoende; deze wordt door één enkele buis in elk kanaal geleverd.



822.57

Fig. 10. Bovenaanzicht van het controle-apparaat voor β-γ-besmetting der handen.

Ook de impulsen die bij het controleren van de γ-activiteit der voeten door de daar gebruikte Geiger-Müller-telbuizen worden geleverd, zijn groot genoeg dat men met één enkele versterkingstrap (5×) kan volstaan. De tel- en alarmschakelingen (fig. 6) zijn hier geheel analoog aan die voor de controle der handen.

*De meetinrichting voor de besmettingscontrole van de kleding*

Zoals hierboven werd vermeld, werkt zowel de α-sonde als de β-γ-sonde voor het onderzoek van de kleding op een logarithmische impulsdichtheidsmeter. Hierdoor kan een groot gebied van activiteitsniveaus worden bestreken zonder dat het meet-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



gebied behoeft te worden gewijzigd, een belangrijke eigenschap voor een toestel dat door niet speciaal geschoolde personen moet worden bediend. Men gebruikt hier een flip-flap-schakeling die zodanig werkt dat de duur van de stroomimpuls welke door de normaal afgeknepen buis wordt geleverd, afneemt wanneer de ingangsimpulsen sneller op elkaar volgen. Hierdoor krijgt men een ongeveer logarithmische schaal, waarop telsnelheden die een factor 500 uiteenlopen nog redelijk nauwkeurig kunnen worden afgelezen. De meter is niet in impulsen per seconde, maar in veelvouden van het tolerantieniveau geijkt. De volle uitslag beantwoordt aan een activiteit van het honderdvoudige van het tolerantieniveau. Een enkele versterkingstrap wordt gebruikt om de hoorbare aanwijzing van de telsnelheid via de luidspreker te geven.

Als men de $\beta$-sonde van de haak afneemt (fig. 4), verhoogt een schakelaar de spanning op de Geiger-Müller-telbuis met ongeveer 300 V, waardoor de buis op het juiste werkpunt van de karakteristiek wordt gebracht. Dan pas begint het tellen. Versterking van de impulsen in slechts één enkele versterkingstrap is weer voldoende om de telschakeling te doen werken. Door de spanning op de telbuis, zolang deze niet gebruikt wordt, 300 V beneden de normale waarde te houden, verlengt men de levensduur van de buizen. Deze kunstgreep is bij alle Geiger-Müller-telbuizen in het toestel toegepast. (Voor de verbeterde soorten Geiger-Müller-telbuizen die sinds het ontwerp van dit toestel beschikbaar zijn gekomen [11]), zou deze voorzorgsmaatregel niet nodig zijn.)

Neemt men de $\alpha$-sonde van de haak, dan wordt door een schakelaar een relais bekrachtigd dat ervoor zorgt dat de logarithmische impulsdichtheidsmeter nu de impulsen van de versterker van de fotomultiplicatorbuis ontvangt. Het relais zorgt er ook voor dat de tijdconstante van de flip-flap-schakeling, en daarmede de duur van de hierdoor geleverde stroomimpulsen, zodanig gewijzigd wordt dat de schaal van het meetinstrument beantwoordt aan het $\alpha$-tolerantieniveau.

De anodeweerstand voor de fotomultiplicatorbuis bevindt zich in het vaststaande rek, zodat de kabel waarover de hoogspanning aan de multiplicator in de sonde wordt toegevoerd, tevens de impulsen aan de impulsdichtheidsmeter overbrengt. Er wordt hiervoor een coaxiale kabel met geringe capaciteit gebruikt, om een zo groot mogelijke impulsamplitude te behouden.

[11]) Zie bijv. N. Warmoltz, Geiger-Müller-tellers, Philips techn. T. **13**, 259-270, 1951.

*Algemene constructie*

De bouw van het gehele toestel wordt verduidelijkt door *fig. 11*, waarin het achteraanzicht is weergegeven. De verschillende inrichtingen voor tellen en aflezen bevinden zich in de bovenste vier chassis.

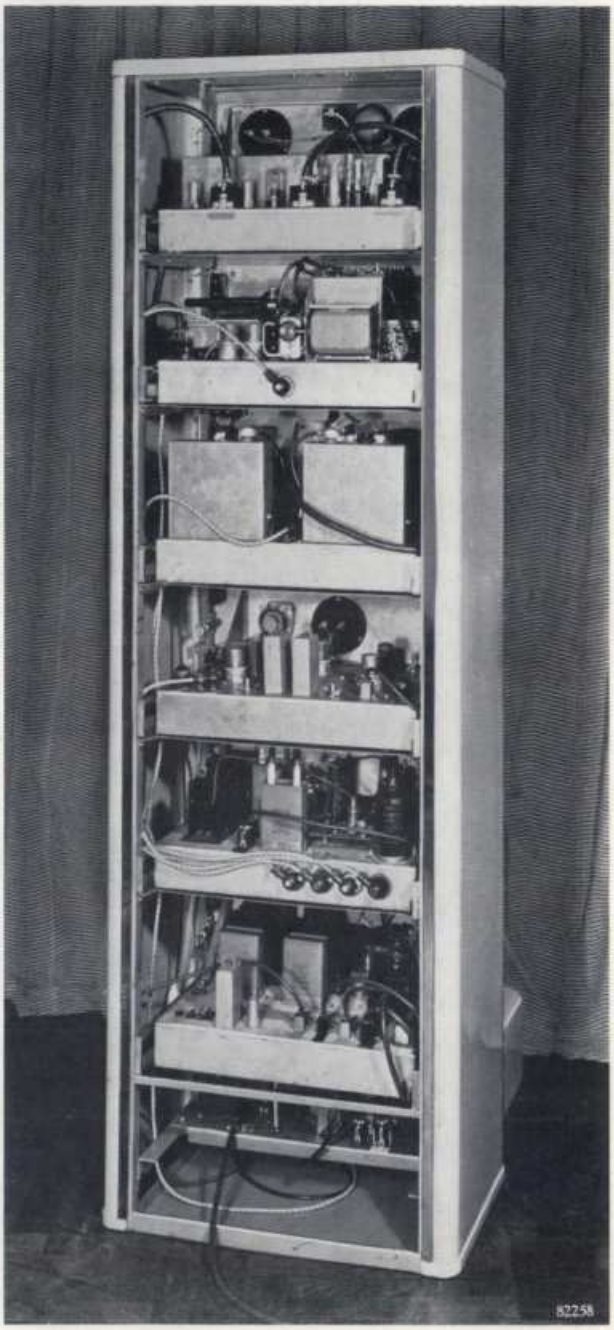



Fig. 11. Achteraanzicht van het volledige toestel. Van boven naar beneden: telschakelingen en tijdschakelaar, controle-apparaat voor $\beta$-$\gamma$-activiteit der handen, controle-apparaat voor $\alpha$-activiteit der handen, apparaat voor het afzoeken van de kleding, voedingsapparaat voor de hoogspanning op de telbuizen (2500 V en 1200 V), voedingsapparaat voor de versterkbuizen (300 V), voedingsapparaat voor de relais (50 V). Het platform vóór het toestel bevat de Geiger-Müller-tellers voor het meten van de $\gamma$-activiteit van de schoenzolen.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



Onder in het rek staat een voedingsapparaat voor 50 V, dat de relais van het toestel bekrachtigt. Onmiddellijk hierboven staat een gestabiliseerd voedingsapparaat voor 400 V gelijkspanning voor de versterkbuizen van het toestel. Dit voedingsapparaat is van een gebruikelijk type; het is voorzien van een gelijkrichtbuis met een conventionele stabilisatorschakeling [12]). Nog een verdieping hoger is het voedingsapparaat geplaatst dat de gestabiliseerde gelijkspanning voor de verschillende tellers levert, nl. een spanning van 1200 V nominaal voor alle Geiger-Müller-telbuizen, en een spanning van 2500 V nominaal voor de proportionele tellers en de fotomultiplicatorbuis van de $\alpha$-sonde. Beide spanningen zijn weer op de gebruikelijke manier gestabiliseerd. De tussenelectrodes van de fotomultiplicator ontvangen hun spanningen van een potentiometer met hoge weerstand, die op de voedingsspanning van 2500 V is aangesloten.

Voor een gemakkelijk onderhoud zijn alle onderdelen van het instrument gemonteerd op laden, die aan de voorzijde van het toestel uitgetrokken kunnen worden. De electrische verbindingen tussen de laden lopen over stekerverbindingen, met een voldoende lengte van de verbindingskabels dat de verbindingen bij het uittrekken van de laden niet verbroken worden. Een reeks van vergrendelingen zorgt ervoor dat bij het uittrekken van de laden de hoogspanningsvoeding uitgeschakeld wordt.

Alle aanduidingsplaatjes buiten op het toestel zijn afneembaar gemaakt, zodat zij gemakkelijk van radioactieve besmetting bevrijd kunnen worden. Alle oppervlakken van het toestel zijn zo glad mogelijk gehouden, zonder voegen of reten waarin radioactief besmet stof zich zou kunnen vastzetten.

De Directeur van het Atomic Energy Research Establishment te Harwell zijn wij dank verschuldigd voor de toestemming tot het publiceren van dit artikel.

**Samenvatting.** Personeel dat met of nabij radioactieve materialen werkt, is aan het gevaar van een radioactieve besmetting van handen, voeten en kleding blootgesteld. Er wordt een toestel beschreven dat in verschillende Engelse installaties voor de dagelijkse controle op deze besmetting wordt gebruikt. Na een bespreking van de tolerantieniveaus voor de verschillende soorten besmetting en van de eisen die aan het controletoestel worden gesteld, volgt een beschrijving van de detectoren voor de verschillende stralingen. Voor het meten van de $\alpha$-activiteit op de handen worden proportionele tellers gebruikt. Voor de $\beta$-$\gamma$-activiteit op de handen en op de kleding en voor de $\gamma$-activiteit op de schoenzolen gebruikt men Geiger-Müller-tellers. De $\alpha$-activiteit op de kleding wordt met een scintillatieteller bepaald. Enige van de toegepaste schakelingen voor het tellen en voor het vastleggen van de telperiodes worden beschreven, o.a. een integratieschakeling volgens Miller, die bij de metingen aan de handen en de voeten wordt toegepast. De sonden voor de meting van $\alpha$- resp. $\beta$-$\gamma$-activiteit op de kleding werken met een logarithmische impulsdichtheidsmeter. Nadruk is gelegd op een automatische werking van het toestel, waarvoor geen bedrevenheid van de gebruiker wordt vereist. De constructie van enkele der meetinrichtingen wordt iets meer in detail beschreven.

[12]) H. J. Lindenhovius en H. Rinia, Philips techn. T. **6**, 54, 1941. F. A. Benson, Voltage stabilizers, uitg. Electronic Engineering, Londen 1950.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



# ELECTRONISCHE REGELING VAN INDUSTRIËLE PROCESSEN

door H. J. ROOSDORP. 621-523.8:621.317.733.083.4.078

*In aansluiting op een eerder verschenen artikel, waarin algemene beschouwingen werden gegeven over regelmechanismen voor industriële processen, worden in het onderstaande artikel verschillende electronische uitvoeringsvormen van regelaars beschreven en de voordelen genoemd die deze regelaars bezitten ten opzichte van niet-electronische regelsystemen.*

## Inleiding

Bij vele industriële processen is de kwaliteit der afgeleverde producten sterk afhankelijk van bepaalde physische of chemische grootheden, bijv. een temperatuur, een druk, een zuurgraad. Het is dan noodzakelijk deze grootheden op de gunstigste waarde in te stellen en deze instelling te handhaven door op geschikte wijze in het productieproces in te grijpen. Dit ingrijpen kan door een waarnemer met de hand geschieden of wel automatisch, dus zonder menselijke tussenkomst. In het eerste geval is het nodig de te regelen grootheid te meten en af te lezen. Bij een automatische regelaar is, strikt genomen, een dergelijke meting, of althans de aflezing, niet vereist. Wanneer de installatie goed functionneert, moet de waarde van de geregelde grootheid steeds practisch gelijk aan de gewenste blijven. Inderdaad bestaan er een groot aantal dergelijke „blinde" regelaars, die geen indicatiegedeelte bezitten. In zeer vele gevallen wordt echter wel een indicatie van de geregelde grootheid verlangd, ten einde de gang van zaken te kunnen controleren. Vaak wordt hiertoe zelfs registratie van deze grootheid als functie van de tijd toegepast.

Een electrisch apparaat dat door zijn robuuste constructie geschikt is om bij industriële processen te worden gebruikt voor metingen en voor registratie van de meetresultaten, werd reeds eerder in dit tijdschrift beschreven [1]). In dit artikel zullen wij een beschrijving geven van enkele wijzen waarop dit apparaat kan worden toegepast voor automatische regeling. Voor algemene beschouwingen over het regelprobleem verwijzen wij naar een ander in dit tijdschrift verschenen artikel [2]). Ten einde ons gemakkelijker te kunnen uitdrukken, zullen wij hoofdzakelijk één bepaald proces bespreken, nl. het constant houden van de temperatuur van een gasoven. Onze beschouwingen gelden echter eveneens voor geheel andere processen.

Bij automatische regeling van de oventemperatuur wordt een gesloten circuit gevormd door de oven, de temperatuurmeter, de regelaar en het stuurorgaan, d.i. in het door ons beschouwde geval de kraan waarmede de gastoevoer wordt geregeld. Tussen de regelaar en de gaskraan zal in de meeste gevallen nog een bedieningsmechanisme nodig zijn. In *fig. 1* is het gesloten circuit dat op deze wijze ontstaat, voorgesteld.

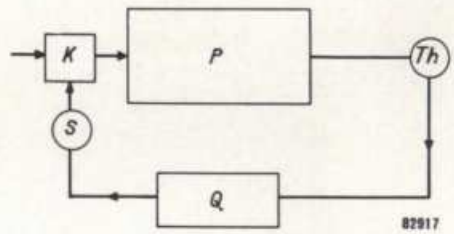



Fig. 1. Schematische voorstelling van een gesloten regelcircuit. Het te regelen proces wordt voorgesteld door *P*. *Th* meetapparaat; *Q* regelaar; *S* bedieningsmechanisme, *K* regelorgaan.

De regelaar *Q* legt het functionele verband vast tussen de stand van de temperatuurmeter *Th* en de stand van de gaskraan *K*. Voor een dergelijke regelaar kan een electrisch, een hydraulisch of een pneumatisch werkend systeem worden gebruikt. Ieder van deze systemen heeft bepaalde voor- en nadelen. In toenemende mate worden electrische en wel speciaal electronisch werkende regelsystemen toegepast. De belangrijkste redenen hiervoor zijn de volgende: Electriciteit is vrijwel overal beschikbaar, zodat geen andere krachtbronnen behoeven te worden aangesloten. Bovendien geschieden vele metingen reeds electrisch, waardoor het vaak eenvoudig is om het meetcircuit uit te breiden met een schakeling voor electrische regeling. De overdracht van electrische signalen geschiedt nagenoeg traagheidsloos, wat van veel belang kan zijn indien snel grote afstanden moeten worden overbrugd (bijv. groter dan 100 m). De in electrische

[1]) H. J. Roosdorp, Een automatische meetbrug voor gebruik in de industrie, Philips techn. T. **15**, 237-247, 1953 (No. 8).

[2]) H. J. Roosdorp, Beschouwingen over het regelen van industriële processen, Philips techn. T. **12**, 225-231, 1950. Zie bijv. ook: W. Oppelt, Kleines Handbuch technischer Regelvorgänge, uitg. Chemie, Weinheim 1953, en D. P. Eckman, Industrial instrumentation, Chapman en Hall, Londen 1950.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



circuits gebruikte elementen (hoofdzakelijk weerstanden en condensatoren) kunnen als constante grootheden worden beschouwd, waardoor de mathematische behandeling van een electrische regelschakeling dikwijls eenvoudig is. Voor de in deze schakelingen toegepaste versterkers kan gebruik worden gemaakt van de uitgebreide ervaringen in de telecommunicatietechniek. Mede hierdoor is het bij een electronisch werkende regelaar op eenvoudige wijze mogelijk het verloop van de functie die het verband aangeeft tussen de te regelen grootheid en de stand van het regelorgaan (de „regelfunctie"), te beïnvloeden.

Soms is het gewenst dat de stand van het regelorgaan, behalve van de afwijking die de gemeten grootheid ten opzichte van de gewenste waarde vertoont, ook afhangt van de tijd gedurende welke deze afwijking heeft bestaan, of wel van de snelheid waarmede de afwijking groter of kleiner wordt (integrerende resp. differentiërende regeling, zie [2]). Verder kan het nodig zijn de gewenste waarde van de te regelen grootheid van de tijd afhankelijk te maken (programmaregeling). Aan al deze wensen is met een electronische regelaar op eenvoudige wijze te voldoen.

Ten slotte zijn controle en vervanging van onderdelen in electrische apparaten meestal mogelijk met eenvoudige routinehandelingen, terwijl deze onderdelen vrijwel overal ter wereld verkrijgbaar zijn.

Indien door een regelaar geen mechanische arbeid behoeft te worden verricht, kan een geheel electrisch systeem worden toegepast. Dit is bijv. het geval bij het regelen van electrische ovens door middel van transductoren of van met gas gevulde buizen. Indien echter, zoals in het door ons beschouwde geval, een kraan moet worden versteld, dient het in fig. 1 met $S$ aangegeven bedieningsmechanisme te worden gebruikt, dat electromechanisch, pneumatisch of hydraulisch kan werken. We zullen in het hiernavolgende de aard van dit mechanisme buiten beschouwing laten en ons uitsluitend bezig houden met het electrische gedeelte van het regelcircuit.

### Gebruik van de automatische meetbrug voor regeling

Bij de reeds genoemde automatische meetbrug wordt een op een wagen aangebracht contact langs een in de meetschakeling opgenomen potentiometer bewogen door een motor, die dit contact instelt op een met de te meten grootheid corresponderende stand. Voor automatische regeling is een electrische spanning nodig waarvan de grootte en de polariteit corresponderen met de afwijking die de gemeten grootheid (in ons geval de oventemperatuur) vertoont ten opzichte van de gewenste waarde. Zulk een spanning kan men verkrijgen met behulp van een tweede potentiometer, die even lang is als de reeds genoemde meetpotentiometer en waarvan het beweegbare contact is bevestigd op dezelfde wagen als dat van de meetpotentiometer. Langs deze „regelpotentiometer" kan een tweede contact worden bewogen, dat met de hand wordt geplaatst in een stand die correspondeert met de gewenste waarde van de gemeten grootheid. Wordt nu aan de regelpotentiometer een spanning $E_1$ gelegd, dan is tussen de beide beweegbare contacten (*1* en *2* in *fig. 2*) een spanning $E_x$ aanwezig die evenredig is met het verschil tussen de werkelijke oventemperatuur en de gewenste waarde hiervan. Deze spanning kan dus worden toegevoerd aan de regelaar, die via een bedieningsmechanisme de stand van de gaskraan bepaalt.

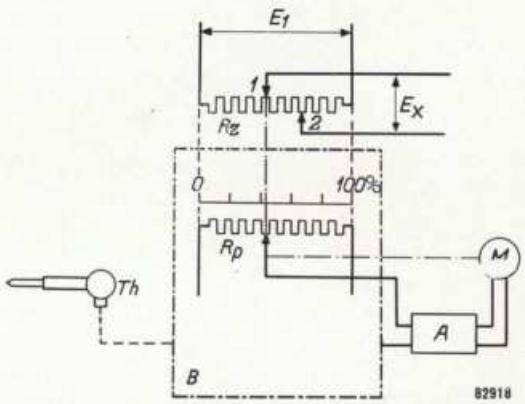



Fig. 2. Schema van de wijze waarop de automatische meetbrug kan worden gebruikt voor regeling van de temperatuur van een oven. $B$ meetschakeling; $Th$ thermometer; $R_p$ meetpotentiometer; $A$ versterker; $M$ motor van de meetbrug; $R_z$ regelpotentiometer. Het contact *1* is vast gekoppeld aan het contact van de meetpotentiometer. Het contact *2* wordt ingesteld op een stand die met de gewenste temperatuur overeenkomt.

Wij zullen thans enkele schakelingen voor electronische regelaars behandelen en de resultaten beschouwen die hiermede bij industriële processen kunnen worden bereikt.

### Tweestandenregeling

Een der eenvoudigste regelsystemen is wel dat waarbij het regelorgaan slechts in twee standen kan staan, nl. in een stand $A$ die, indien continu gehandhaafd, de oventemperatuur $T$ tot boven de gewenste waarde $T_0$ zou doen stijgen, en een stand $B$ waarbij de temperatuur tot beneden $T_0$ zou dalen. De kraan moet zich dan in de stand $B$ bevinden als $T$ groter is dan $T_0$ en in de stand $A$ wanneer $T$ kleiner is dan $T_0$. Telkens bij het passeren van de gewenste waarde wordt dus de kraan versteld en de temperatuur varieert steeds tussen twee waarden, waarvan de één groter en de ander kleiner is dan $T_0$.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



Een schakeling waarmede het bovenstaande kan worden bereikt, is in *fig. 3* geschetst. De stand van het contact *2* van de regelpotentiometer $R_z$ correspondeert met de gewenste waarde van

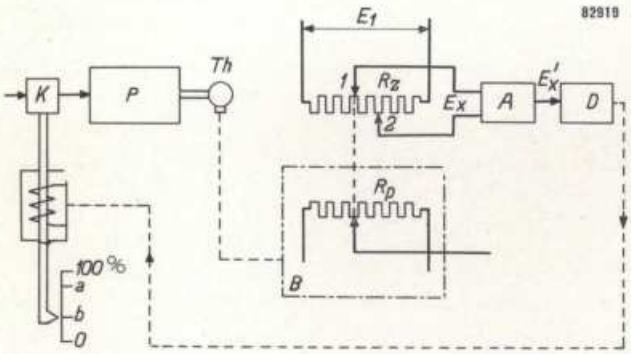



Fig. 3. Schema van een schakeling voor tweestandenregeling van de temperatuur van een oven. *D* fazedetector; *A* versterker. Voor de betekenis van de andere letters zie fig. 1 en 2.

de temperatuur, die van contact *1* met de werkelijke waarde hiervan. Aan de regelpotentiometer wordt een wisselspanning $E_1$ met de netfrequentie gelegd. De spanning $E_x$ tussen de contacten *1* en *2* wordt versterkt in de versterker *A* en vervolgens wordt de versterkte spanning, $E_x'$, toegevoerd aan de zg. fazedetector *D*. Het schema van dit laatstgenoemde gedeelte van de schakeling is in *fig. 4* weergegeven. De spanning $E_x'$ wordt in serie met een wisselspanning $E_k$ gelegd aan het rooster van een triode. Aan de anode van deze buis wordt eveneens een wisselspanning, $E_a$, toegevoerd. $E_a$, $E_k$ en $E_x'$ hebben dezelfde frequentie, terwijl $E_k$ en $E_a$ onderling in tegenfaze zijn. Deze laatstgenoemde spanningen zijn zo groot gekozen dat, wanneer $E_x'$ nul is, in de triode juist geen anodestroom vloeit. $E_x'$ en $E_k$ zijn in faze of in tegenfaze, al naar gelang het contact *1* zich links of

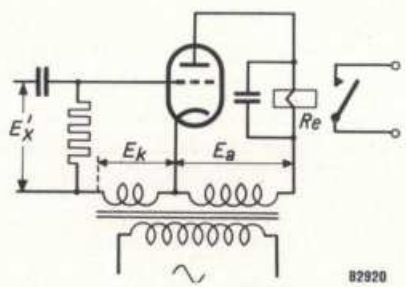



Fig. 4. Schema van een fazedetector. *Re* relais.

rechts van het contact *2* bevindt. Zijn beide spanningen in faze, dan vloeit telkens gedurende een halve periode in de buis anodestroom, ten gevolge waarvan in het relais *Re* het anker wordt aangetrokken. Is daarentegen $E_x'$ in tegenfaze met $E_k$, dan vloeit in de buis geen anodestroom en wordt het anker van *Re* niet aangetrokken. Het al of niet aangetrokken zijn van dit anker is dus een indicatie voor de richting waarin de temperatuur van de gewenste waarde afwijkt. Dit relais stelt nu via een bedieningsmechanisme de gasklep in stand *A* of stand *B*. Bij voorkeur wordt de polariteit van de spanningen zo gekozen, dat het afvallen van het anker van *Re* met een veilige toestand in het te regelen proces overeenkomt, dus in het door ons beschouwde geval met de meest gesloten stand van de gasklep. Hierdoor wordt voorkomen dat bij een defect in de regelaar, waardoor $E_x'$ nul blijft, de temperatuur tot een ontoelaatbaar hoge waarde zou stijgen.

De standen *A* en *B* van de gaskraan komen overeen met *a* % en *b* % ($a > b$) van de maximale grootte, $y_{max}$, van de opening *y*. De optredende fluctuaties in de temperatuur zijn kleiner naarmate *a* en *b* minder verschillen. Nu kan men in de praktijk dit verschil niet willekeurig klein maken, omdat bij $y = y_{max}\,{}^{a}/_{100}$ de temperatuur *onder alle omstandigheden* tot boven $T_0$ moet kunnen stijgen. Dit moet dus bijv. mogelijk zijn bij de laagste omgevingstemperatuur en de laagste gasdruk. Omgekeerd moet bij $y = y_{max}\,{}^{b}/_{100}$ ook bij de hoogste omgevingstemperatuur en de hoogste gasdruk de oventemperatuur tot beneden $T_0$ kunnen dalen. Het noodzakelijke verschil tussen *a* en *b* wordt dus veelal bepaald door plaatselijke omstandigheden.

In een bijzonder geval kan $a = 100$ % en $b = 0$ % gekozen worden. Men spreekt dan van een systeem voor aan-uit-regeling. Hierbij kunnen natuurlijk vrij grote fluctuaties in de temperatuur optreden. Hiertegenover staat echter dat in vele gevallen bij een systeem voor aan-uit-regeling de constructie betrekkelijk eenvoudig is.

De grootte van de fluctuaties kan men door een geschikte opstelling van de opnemer ten opzichte van de gaskraan nog trachten te beperken. Indien de opnemer met een geringe tijdsvertraging op de stand van de gaskraan reageert, is het mogelijk grote fluctuaties te vermijden.

### Veelstandenregeling

Treden bij een geregeld proces soms fluctuaties in de uitwendige omstandigheden (omgevingstemperatuur, gasdruk) op die zo groot zijn dat bij een tweestandenregeling het verschil tussen *a* en *b* ongewenst groot zou moeten worden gemaakt, dan kan men als volgt te werk gaan. Men maakt het verschil tussen *a* en *b* voldoende groot om bij kleine fluctuaties in de uitwendige omstandigheden de regeling te doen functionneren. Wordt echter bijv. de

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



omgevingstemperatuur zo hoog dat ook voor $y = y_{max}\,{}^{b}/_{100}$ de oventemperatuur niet beneden $T_0$ daalt doch blijft stijgen, dan wordt bij het overschrijden van een temperatuur $T_1 (T_1 > T_0)$ de gaskraan opnieuw versteld, thans in een stand $C$, overeenkomende met $c$ % van de maximale gasstroom $(c < b)$. Is $c$ zodanig gekozen dat onder alle omstandigheden voor $y = y_{max}\,{}^{c}/_{100}$ een temperatuur $T$ lager dan $T_1$ kan worden bereikt, dan zal bij een hoge omgevingstemperatuur de regeling zich rondom $T_1$ afspelen, juist als bij een tweestandenregelsysteem. Daalt de omgevingstemperatuur weer, dan wordt weer in de nabijheid van $T_0$ geregeld. We spreken in het hier beschreven geval van een systeem voor driestandenregeling. In *fig. 5* is geschetst

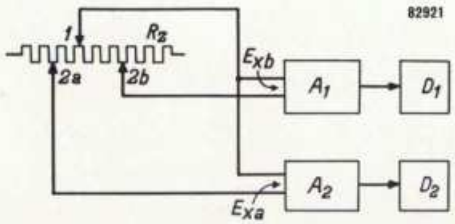



Fig. 5. Deel van het schema van een schakeling voor driestandenregeling. $R_z$ regelpotentiometer; $A_1$ en $A_2$ versterkers; $D_1$ en $D_2$ fazedetectoren. Het contact *1* is vast gekoppeld aan het contact van de meetpotentiometer. De contacten *2a* en *2b* worden met de hand ingesteld.

op welke wijze een dergelijk regelsysteem kan worden gerealiseerd. Op de regelpotentiometer $R_z$ zijn thans twee met de hand instelbare contacten, *2a* en *2b*, aangebracht. Het contact *1* wordt wederom tegelijk bewogen met het contact van de meetpotentiometer. De beide spanningen $E_{xa}$ en $E_{xb}$ worden via versterkers toegevoerd aan afzonderlijke fazedetectoren, $D_1$ en $D_2$. Afhankelijk van de stand van het contact *1* zijn nu geen, één of beide relais van de fazedetectoren gesloten, waardoor via een bedieningsmechanisme drie standen van de gaskraan worden bepaald.

In *fig. 6* is voor een driestandenregeling weergegeven hoe de oventemperatuur $T$ als functie van de tijd $t$ verloopt wanneer bijv. de omgevingstemperatuur regelmatig stijgt. Eerst varieert $T$

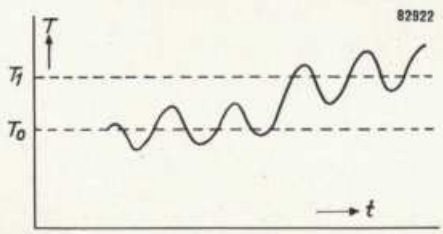



Fig. 6. Verloop van de temperatuur $T$ van een oven als functie van de tijd $t$ bij toepassing van een systeem voor driestandenregeling, onder zodanige uitwendige omstandigheden dat de oventemperatuur de neiging heeft regelmatig hoger te worden.

regelmatig rondom de waarde $T_0$, om vervolgens in de omgeving van $T_1$ te gaan fluctueren.

Het is gemakkelijk in te zien dat het principieel eenvoudig is de hier beschreven driestandenregeling uit te breiden tot een systeem voor veelstandenregeling. Het voordeel ten opzichte van een tweestandenregeling is dat het niet noodzakelijk is om, uit hoofde van het feit dat de uitwendige omstandigheden soms grote variaties vertonen, voortdurend grote fluctuaties in de oventemperatuur toe te laten.

**Proportionele regeling**

De tweestanden- en de veelstandenregeling zijn voorbeelden van discontinue regelsystemen. De gasklep (of in andere gevallen een ander regelorgaan) kan hierbij slechts een beperkt aantal discrete standen innemen. Dit laatste is niet meer het geval bij systemen voor continue regeling, waarvan de proportionele regeling een voorbeeld is. Deze regelmethode kan worden beschouwd als het limietgeval van een veelstandenregelsysteem waarbij het aantal standen oneindig groot is, en waarbij deze standen oneindig dicht bij elkaar liggen. De verstelling van de gasklep ten opzichte van een bepaalde stand is dan evenredig met de afwijking die de oventemperatuur vertoont ten opzichte van de gewenste waarde. (Hierbij is de insteltijd van het regelorgaan verwaarloosd.)

Een proportionele regeling zou kunnen worden verkregen door middel van een gasklep die wordt bestuurd door een solenoïde waaraan een spanning wordt gelegd die evenredig is met het verschil tussen de werkelijke en de gewenste temperatuur. Deze uitvoering heeft echter het bezwaar dat het verband tussen de klepopening en de aan de solenoïde gelegde spanning vaak wordt verstoord door op de klep uitgeoefende krachten (bijv. door wrijving). Verder is steeds een groot vermogen nodig om de eindstand van de klep te handhaven.

Een schema van een systeem dat deze bezwaren in aanzienlijk mindere mate heeft, is in *fig. 7* weergegeven. We zien hier wederom de regelpotentiometer $R_z$, waarvan het contact *1* wordt bewogen door de wagen van de meetpotentiometer (welke laatste hier niet is getekend). In serie met de spanning $E_x$ wordt nu een tweede spanning, $E_y$, geschakeld, die wordt verkregen uit de beide parallelgeschakelde potentiometers $R_y$ en $R_c$. Deze beide spanningsdelers zijn aangesloten op een wisselspanning $E_2$, die via een transformator uit het net wordt verkregen, evenals de spanning $E_1$, waarop $R_z$ is aangesloten. Het contact *4* van $R_y$ is mechanisch verbonden aan het bewegende gedeelte van het regelorgaan (gasklep). De stand van dit

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



contact wordt dus bepaald door de stand van dit orgaan. Het contact *3* van $R_c$ kan met de hand worden ingesteld.

Het verschil van de beide spanningen $E_x$ en $E_y$ wordt toegevoerd aan de versterker $A_1$. De uitgangsspanning hiervan bestuurt de motor $M_1$ van het regelorgaan zodanig dat door de verplaatsing van het contact *4* het spanningsverschil $E_x - E_y$ nul (althans zeer klein) wordt. Stellen wij nu (zie fig. 7):

$$E_x = (x - x_0)\, E_1$$

en

$$E_y = (y - y_c)\, E_2 ,$$

dan volgt hieruit:

$$y - y_c = \frac{E_1}{E_2}\,(x - x_0) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

De verplaatsing van de gasklep ten opzichte van de stand die met $y = y_c$ overeenkomt, is dus evenredig met de afstand waarop zich het contact *1* van het contact *2* bevindt. Aangezien tussen de oventemperatuur en de verplaatsing van *1* in de regel een lineair verband aanwezig is, bestaat dus inderdaad de hierboven reeds genoemde evenredigheid tussen de verstelling van het regelorgaan en de temperatuurafwijking van de oven. De proportionaliteitsfactor $E_1/E_2$ kan door de keuze van $E_1$ en $E_2$ worden beïnvloed.

Is $x = x_0$, dan moet $y = y_c$ zijn. Deze toestand is alleen mogelijk indien de uitwendige omstandigheden zodanig zijn dat voor $y = y_c$ de oventemperatuur inderdaad gelijk wordt aan de gewenste waarde. Door het contact *3* met de hand te verstellen, kan men deze toestand realiseren. Verandert daarna iets in het te regelen proces of in de uitwendige omstandigheden, dan zal, om $x$ gelijk aan $x_0$ te maken, een andere stand van contact *3* nodig zijn. Wordt dit contact echter niet versteld, dan zal bij een grote waarde van de proportionaliteitsfactor het verschil tussen $x_0$ en $x$ klein blijven. (Dit is dus de gewenste regelwerking.)

Het is in de practijk niet mogelijk de proportionaliteitsfactor onbeperkt groot te maken. Door het onvermijdelijke tijdsverschil dat steeds bestaat tussen een verstelling van de gasklep en het volledige effect hiervan op de oventemperatuur, kan bij een grote waarde van de genoemde factor een instabiele toestand ontstaan, waarbij de oventemperatuur grote schommelingen vertoont [3]). Om deze reden is men dus bij de keuze van de proportionaliteitsfactor beperkt en het kan hierdoor voorkomen dat bij gebruik van een proportionele regeling toch nog te grote afwijkingen van de geregelde grootheid optreden. Weliswaar kan men dit door het verstellen van het contact *3* corrigeren, doch het kan bezwaarlijk worden wanneer dit laatste vaak moet gebeuren. Door aan de proportionele regeling een schakeling voor integrerende regeling toe te voegen, maakt men het verstellen van contact *3* overbodig, zoals we hierna nog nader zullen zien.

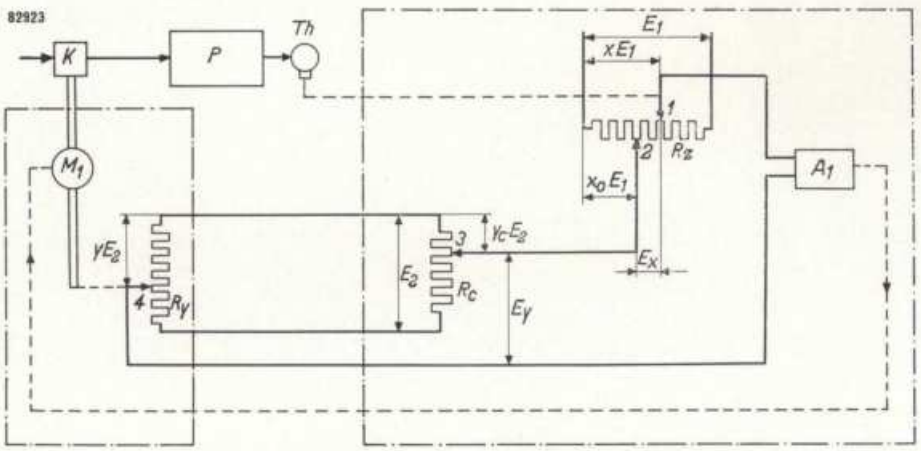



Fig. 7. Schema voor een proportionele regeling. Het rechtergedeelte (omlijnd door een streep-puntlijn) bevindt zich bij de meetbrug, het linker gedeelte bij het regelorgaan.

## Zwevende regeling

Terwijl bij de proportionele regeling een vast verband aanwezig is tussen de afwijking van de oventemperatuur en de stand van het regelorgaan, is dit bij de zg. zwevende regeling niet het geval. Hierbij wordt nl. het regelorgaan versteld zolang de oventemperatuur van de gewenste waarde afwijkt. Deze verstelling kan geschieden met constante snelheid of wel met een snelheid die evenredig

[3]) Dit is volkomen analoog met het feit dat een versterker met tegenkoppeling kan gaan oscilleren indien de tegenkoppeling sterk is en voor bepaalde frequenties een grote fazeverschuiving optreedt.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



is met de grootte van de afwijking. In dit laatste geval is de totale verstelling van het regelorgaan evenredig met de tijdsintegraal van de temperatuurafwijking. Men spreekt dan van een systeem voor integrerende regeling.

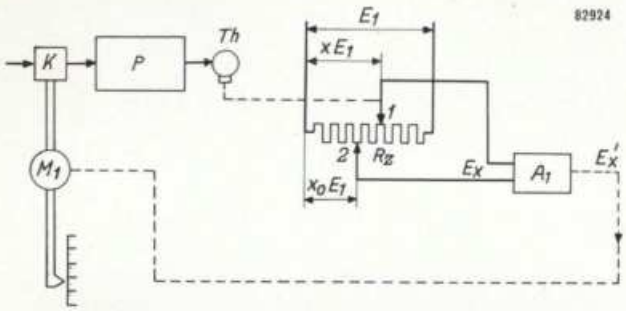



Fig. 8. Schema voor een zwevende regeling. De motor $M_1$, die wordt bestuurd door de uitgangsspanning $E_x'$ van de versterker $A_1$, verstelt het regelorgaan $K$.

Een schema waarmede een zwevend regelsysteem kan worden verwezenlijkt, is in *fig. 8* weergegeven. De spanning $E_x$ wordt toegevoerd aan de versterker $A_1$. De uitgangsspanning $E_x'$ van deze versterker bestuurt de motor $M_1$ waarmede het regelorgaan wordt bewogen. Is de snelheid van de motor evenredig met de toegevoerde spanning, dan hebben we een integrerende regeling verkregen.

Men kan de schakeling echter ook zodanig uitvoeren dat alleen de draairichting van de motor afhankelijk is van de richting van de afwijking van de oventemperatuur (dus van het teken van $x - x_0$), doch dat de snelheid van de motor constant blijft. Men kan hiertoe bijv. de uitgangsspanning van de versterker $A_1$ toevoeren aan een tweetal fazedetectoren, waarvan de voedingsspanningen onderling in tegenfaze zijn (*fig. 9*). Afhankelijk van het teken van $x - x_0$, is nu het anker van het relais $Re_1$ of dat van $Re_2$ aangetrokken, waardoor de motor wordt ingeschakeld met de gewenste draairichting. Is $x - x_0 = 0$, dus heeft de geregelde grootheid de gewenste waarde, dan zijn de beide relais stroomloos en is de motor in rust.

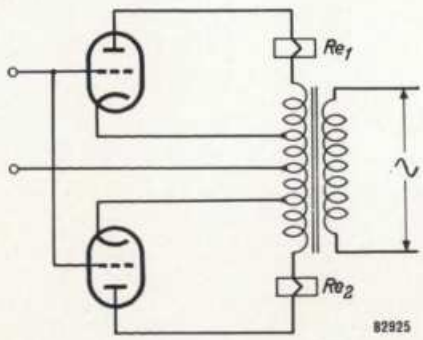



Fig. 9. Combinatie van twee fazedetectoren, die men kan toepassen bij een zwevende regeling met constante motorsnelheid.

Daar bij de zwevende regeling het regelorgaan alleen in rust is als de afwijking van de oventemperatuur nul is, heeft men hierbij niet het nadeel van de proportionele regeling dat, ondanks de regeling, toch nog een afwijking van de temperatuur blijft bestaan. Een voordeel van de proportionele regeling is echter dat bij het optreden van een verandering in de geregelde grootheid het regelorgaan zeer snel de stand inneemt die met de nieuwe situatie overeenkomt. (De insteltijd wordt vrijwel alleen bepaald door de eigen snelheid van dit orgaan.) Bij de zwevende regeling verloopt daarentegen steeds enige tijd voordat een afwijking van de geregelde grootheid is gecompenseerd. Hierdoor kan, indien bij een zwevend regelsysteem een plotselinge verandering in het geregelde proces optreedt, toch nog tijdelijk een te grote afwijking van de geregelde grootheid voorkomen. Om deze reden wordt de zwevende regeling meestal toegepast in combinatie met een systeem voor proportionele regeling. In de regel kiest men dan een systeem voor gecombineerde proportionele en integrerende regeling.

**Proportionele en integrerende regeling**

In *fig. 10* is een vereenvoudigd schema weergegeven van een regelsysteem waarbij de verstelling van het regelorgaan ($y$) afhankelijk is zowel van de afwijking van de oventemperatuur (dus van $x - x_0$) als van de tijdsintegraal van deze afwijking. De spanning $E_y$, die afhangt van de stand van het regelorgaan, wordt nu niet direct in serie met $E_x$ geschakeld, doch via de condensator-weerstandskoppeling $C$-$R$. Bij deze schakeling moeten de spanningen $E_1$ en $E_2$ gelijkspanningen zijn [4]). Het regelorgaan wordt weer steeds zodanig ingesteld dat de ingangsspanning van de versterker nul is. Volgens fig. 10 is dan

$$E_x = iR.$$

Verder is

$$E_y = E_2(y - y_c) = \int \frac{i\,dt}{C} + iR$$

en

$$E_x = (x - x_0)\,E_1.$$

Uit deze vergelijkingen volgt:

$$y - y_c = \frac{E_1}{E_2}\left\{(x - x_0) + \int_0^t \frac{x - x_0}{RC}\,dt\right\}. \quad . \quad (2)$$

[4]) De gelijkspanning die in dit geval aan de versterker $A_1$ wordt toegevoerd, zal men in de regel eerst door middel van een trilleromvormer in een wisselspanning omzetten, waardoor een normale wisselspanningsversterker kan worden gebruikt (zie bijv. Philips techn. T. **16**, 11-17, 1954 (No. 1)).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



We zien dus dat de verstelling van het regelorgaan te splitsen is in twee gedeelten, nl. een gedeelte $(x-x_0)E_1/E_2$, dat evenredig is met de afwijking van de oventemperatuur, en een gedeelte dat evenredig is met de tijdsintegraal van deze afwijking. Dit laatste gedeelte is groter naarmate het product $RC$ kleiner is. De betekenis van dit product wordt duidelijk uit de volgende, door *fig. 11* geïllustreerde, overweging.

Wanneer, uitgaande van de toestand waarbij $x = x_0$ is, plotseling een verandering van $x$ optreedt, treedt ook een plotselinge verandering van $y$ op,

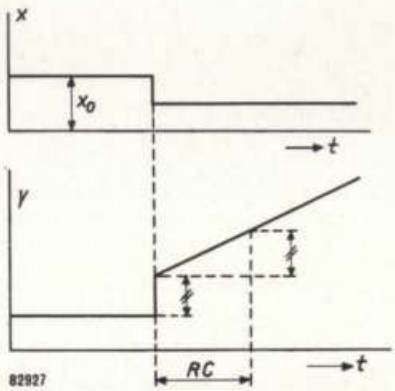



Fig. 11. Verloop van $x$ en $y$ wanneer bij een systeem voor gecombineerde proportionele en integrerende regeling een plotselinge verandering van $x$ optreedt.

en wel zodanig dat $y-y_c=(x-x_0)E_1/E_2$. Ten gevolge van de integraalterm in (2) groeit nu $y-y_c$ verder aan met een term

$$\frac{E_1}{E_2}\cdot\frac{x-x_0}{RC}\,t$$

(aangenomen is hierbij dat de oven zo traag reageert dat gedurende het hier beschouwde tijdsinterval $x-x_0$ als constant is te beschouwen). Men ziet dat $y-y_c$ tot het dubbele van de plotseling optredende waarde is aangegroeid na een tijd:

$$t = RC.$$

Men noemt deze tijd de integratietijd.

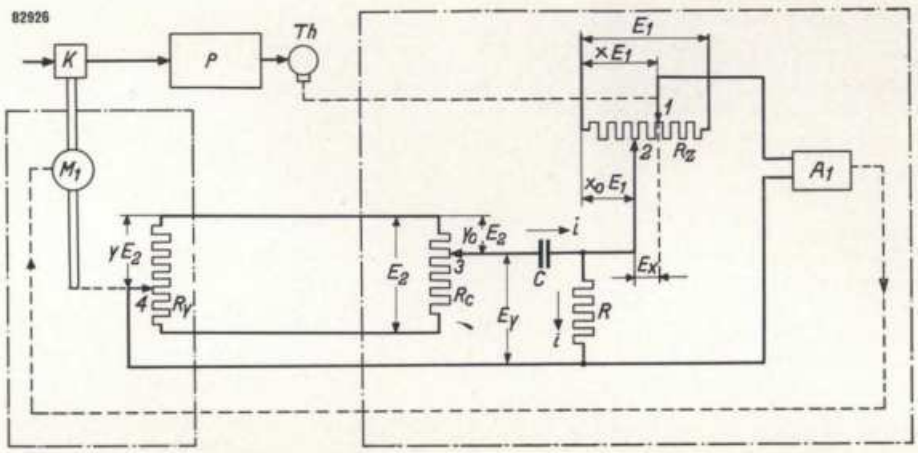



Fig. 10. Schema van een schakeling voor proportionele en integrerende regeling. Door verwisseling van de elementen $C$ en $R$ wordt een schakeling voor proportionele en differentiërende regeling verkregen.

Uit (2) volgt dat het regelorgaan wordt versteld zolang een afwijking tussen $x$ en $x_0$ aanwezig is. (Immers, als $x-x_0$ en $y-y_c$ constant zijn, is aan (2) voor een grote waarde van $t$ alleen te voldoen indien $y=y_c$ en $x=x_0$.) We zien dus dat bij het hier beschreven systeem de geregelde grootheid inderdaad de gewenste waarde aanneemt.

**Proportionele en differentiërende regeling**

Bij de behandeling van de proportionele regeling wezen wij er reeds op dat de proportionaliteitsfactor niet onbeperkt groot kan worden gekozen omdat hierdoor het gevaar voor instabiliteit te groot wordt. Men kan vaak de stabiliteit vergroten door de schakeling zodanig uit te voeren dat aan het regelorgaan, behalve de verstelling ten gevolge van de proportionele werking, ook een verstelling wordt medegedeeld die evenredig is met de afgeleide van de geregelde grootheid naar de tijd. Een schema dat hiervoor kan worden gebruikt, kan uit fig. 10 worden verkregen door verwisseling van de condensator $C$ en de weerstand $R$. Op dezelfde wijze als bij de integrerende regeling kunnen we berekenen dat de verstelling van het regelorgaan nu wordt gegeven door de vergelijking:

$$y-y_c=\frac{E_1}{E_2}\left\{(x-x_0)+RC\frac{\mathrm{d}(x-x_0)}{\mathrm{d}t}\right\}. \quad . \quad (3)$$

Ook hier is dus weer de laatste term afhankelijk van het product $RC$. De betekenis van dit product kun-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



nen wij nagaan door aan te nemen dat, uitgaande van de evenwichtstoestand ($x = x_0$), plotseling een verandering van $x$ begint op te treden, en wel met een constante snelheid, zodat dus $dx/dt$ constant is. We duiden deze als $k$ aan (zie *fig. 12*). Het regelorgaan verkrijgt dan een plotselinge verstelling, die gegeven is door $y - y_c = RCk\,E_1/E_2$, en een met de tijd aangroeiende verstelling, die volgt uit $y - y_c = kt\,E_1/E_2$. Deze beide bedragen zijn gelijk na een tijd $t = RC$. Men noemt deze tijd de differentiatietijd.

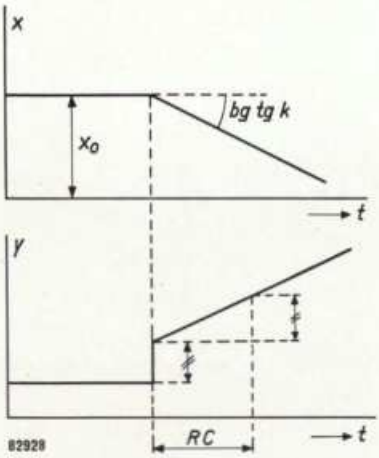



Fig. 12. Verloop van $x$ en $y$ wanneer bij een systeem voor gecombineerde proportionele en differentiërende regeling $x$ plotseling met een constante snelheid gaat veranderen.

## Proportionele, integrerende en differentiërende regeling

De eigenschappen van de beide voorgaande schakelingen kunnen worden verenigd door de schakeling van *fig. 13*. De beide $RC$-combinaties, $R_1C_1$ en $R_2C_2$, zijn nu in serie geschakeld. De verstelling van het regelorgaan is hierbij gegeven door de vergelijking

$$y - y_c = \frac{E_1}{E_2}\left\{(x - x_0)\left(1 + \frac{R_2}{R_1} + \frac{R_2C_2}{R_1C_1}\right) + \frac{1}{R_1C_1}\int_0^t (x - x_0)\,dt + R_2C_2\frac{d(x - x_0)}{dt}\right\}. \quad (4)$$

Het integrerende en het differentiërende gedeelte zijn bepaald door dezelfde termen als in de vergelijkingen (2) en (3), doch het proportionele deel is nu gegeven door de term

$$\frac{E_1}{E_2}(x - x_0)\left(1 + \frac{R_2}{R_1} + \frac{R_2C_2}{R_1C_1}\right),$$

en dit deel wordt hier dus ook beïnvloed door de grootte van $R_1$, $C_1$, $R_2$ en $C_2$.

## Regeling door proportionele schakeltijd

Het continu regelen van grote electrische ovens vergt altijd omvangrijke regelorganen, zoals met gas gevulde buizen, regeltransformatoren en transductoren. Om deze reden wordt hierbij meestal een discontinue regeling door in- en uitschakelen van de oven gekozen, waardoor met een veel eenvoudiger schakelapparatuur kan worden volstaan (meestal een electromagnetische schakelaar). Het nadeel hiervan is dat vrij aanzienlijke min of meer periodieke variaties in de oventemperatuur kunnen optreden. Het is echter ook mogelijk het effect van een continue regeling te bereiken met behoud van de eenvoud die verbonden is aan een discontinue regeling. Hiertoe wordt het toegevoerde vermogen met een constante frequentie in- en uitgeschakeld of wel tussen twee bepaalde waarden gevarieerd. De verhouding tussen de tijden gedurende welke de oven is in- resp. uitgeschakeld, wordt dan continu variabel gemaakt, en deze verhouding laat men bepalen door het verschil tussen de werkelijke en de

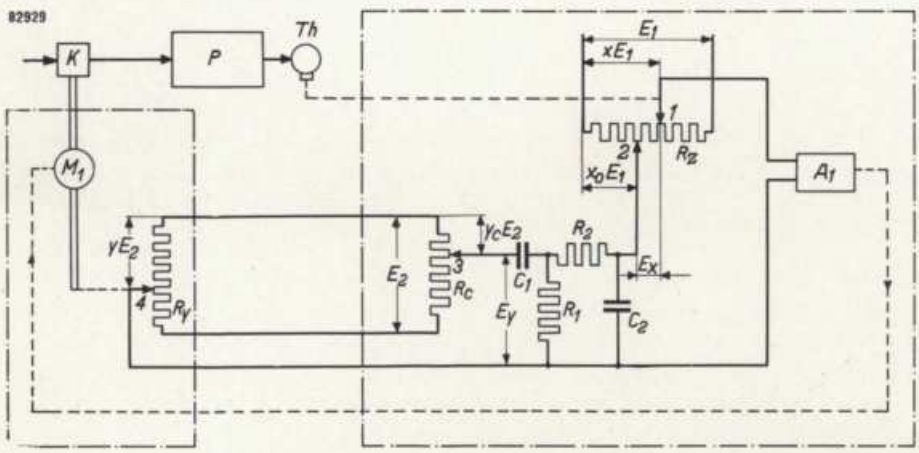



Fig. 13. Schema van een schakeling voor proportionele, integrerende en differentiërende regeling.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



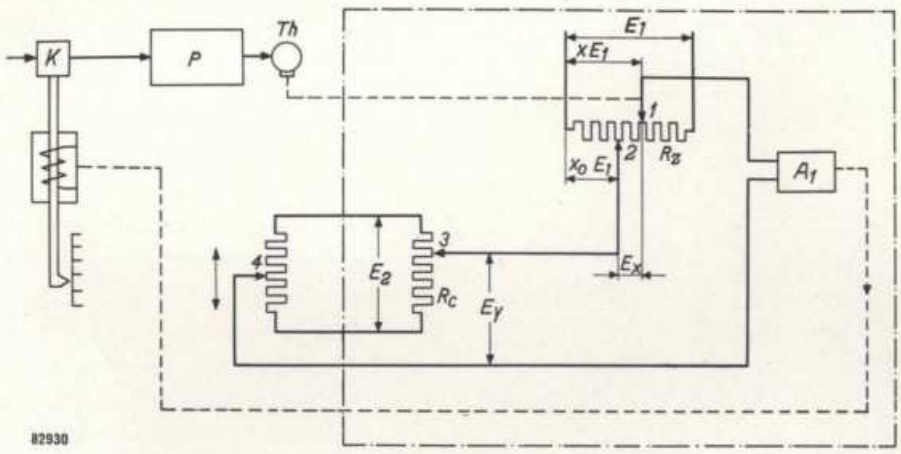



Fig. 14. Schema van een schakeling voor regeling door proportionele schakeltijd. Het contact *4* wordt periodiek heen en weer bewogen.

gewenste oventemperatuur. Het verband tussen deze beide grootheden kan proportioneel, integrerend of differentiërend zijn of bestaan uit combinaties hiervan.

In *fig. 14* is een vereenvoudigd schema weergegeven van een schakeling waarmede op deze wijze een proportionele regeling kan worden verkregen. In serie met de spanning $E_x$ van de regelpotentiometer wordt wederom de spanning $E_y$ geschakeld. Het contact *4* wordt nu periodiek heen en weer bewogen, waardoor de spanning $E_y$ eveneens periodiek varieert. In *fig. 15* zijn de spanningen $E_x$ en $E_y$

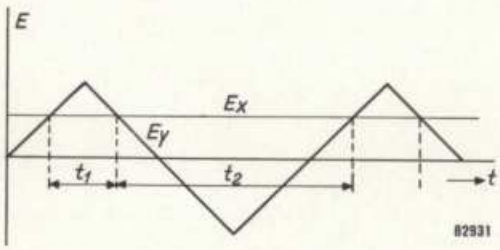



Fig. 15. Verloop van de spanningen $E_x$ en $E_y$ uit fig. 14 als functie van de tijd. $t_1$ en $t_2$ geven de tijden weer gedurende welke de oven is in- resp. uitgeschakeld.

als functie van de tijd getekend. Bij deze laatste spanning is aangenomen dat het contact *3* in het midden staat, zodat het verloop van $E_y$ symmetrisch is ten opzichte van de nullijn. De momenten waarop de ingangsspanning van de versterker door nul gaat, worden gegeven door de snijpunten van de lijnen voor $E_x$ en $E_y$. Op deze ogenblikken ondergaat de ingangsspanning een fazeverandering van 180° en hierdoor wordt via een fazedetector en een electromagnetische schakelaar de oven in- resp. uitgeschakeld. Zoals uit fig. 15 blijkt, is de verhouding van de tijd $t_1$ gedurende welke de oven is ingeschakeld, tot de tijd $t_2$ gedurende welke deze is uitgeschakeld, afhankelijk van $E_x$. De gemiddelde waarde van het toegevoerde vermogen is aldus continu afhankelijk van de afwijking van de oventemperatuur. Het tempo waarmede het in- en uitschakelen plaatsvindt, moet zodanig worden gekozen dat de fluctuaties die in de oventemperatuur door het in- en uitschakelen ontstaan, voldoende klein zijn.

Evenals bij de hierboven behandelde proportionele regeling, zal in een schakeling volgens fig. 14 bij een verandering in het te regelen proces een zekere afwijking van de geregelde grootheid blijven bestaan. Ook hier kan men desgewenst door het verplaatsen van het contact *3* weer een correctie hierop tot stand brengen.

### Programmaregeling

Tot nu toe werd steeds aangenomen dat de gewenste waarde van de geregelde grootheid een constante was. In sommige gevallen echter is het nodig de gewenste waarde als functie van de tijd te variëren. Dit zou bijv. kunnen geschieden door in de regelapparatuur een mechanisme op te nemen waardoor het contact *2* volgens een bepaalde tijdsfunctie wordt verschoven. Meestal prefereert men echter een methode waarbij geen speciaal mechanisme in de regelapparatuur moet worden ingebouwd. Hieraan voldoet bijv. een schakeling waarvan

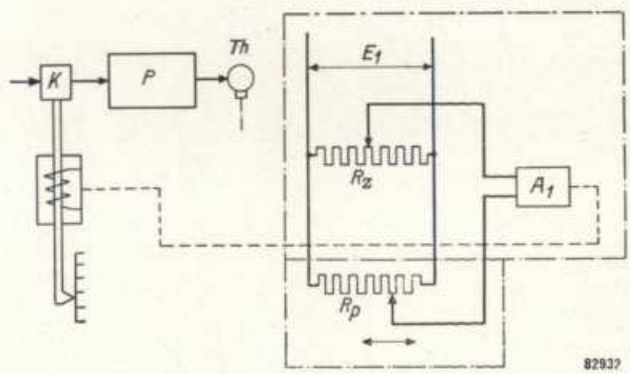



Fig. 16. Schema voor een programmaregeling. De potentiometer $R_p$ bevindt zich in de programmagever.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



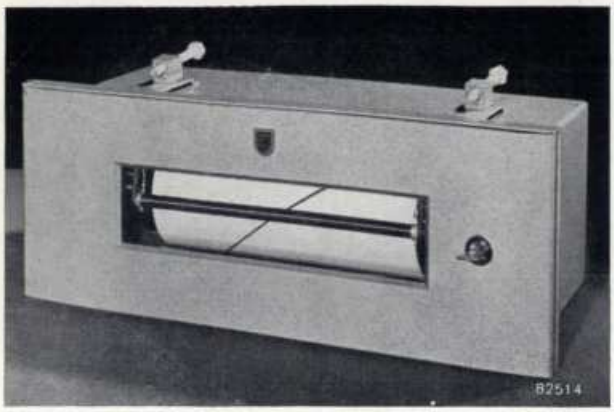



Fig. 17. De Philips programmagever type PR 7211.

in *fig. 16* het schema is weergegeven. Parallel met de regelpotentiometer $R_z$ is, in een afzonderlijk apparaat, de programmagever, een tweede potentiometer, $R_p$, geschakeld. Het contact *2* dat voor het instellen van de gewenste waarde dient, bevindt zich nu op deze laatstgenoemde potentiometer. Dit contact wordt langs $R_p$ bewogen volgens het gewenste tijdschema. Bij de door Philips vervaardigde programmagever is de constructieve uitvoering zodanig dat evenwijdig met $R_p$ een cylinder is opgesteld, die uit isolatiemateriaal bestaat. Om deze cylinder, die kan roteren, brengt men een geleidende draad aan overeenkomstig het gewenste verloop van de geregelde grootheid. Deze draad maakt op één plaats contact met de potentiometer $R_p$. De cylinder wordt nu door een hulpmotor gedraaid, waardoor het contactpunt zich overeenkomstig de gewenste tijdfunctie verplaatst. In *fig. 17* is de hier bedoelde programmagever afgebeeld.

## Andere mogelijke uitvoeringsvormen

Verschillende regelsystemen, die in het voorgaande werden beschreven, zouden ook op andere wijzen met behulp van de automatische meetbrug kunnen worden gerealiseerd. Zo zou men bijv. een aan-uit-regeling kunnen verkrijgen door de wagen, waarop het contact van de meetpotentiometer is bevestigd, op een bepaalde plaats een contact te laten openen of sluiten. Het hieraan verbonden nadeel is echter dat in dit geval voor het verplaatsen van de meetwagen een grotere kracht nodig is, juist in de omgeving van de stand die met de gewenste waarde van de geregelde grootheid overeenkomt. Hierdoor wordt de gevoeligheid van de meetbrug ongunstig beïnvloed. Verder is voor het openen en sluiten van een contact steeds een zekere verplaatsing van de wagen nodig, zodat steeds een verschil zou bestaan tussen de punten waar wordt in- en waar wordt uitgeschakeld.

Bij de regelsystemen die in het voorgaande werden beschreven, behoeft aan de eigenlijke meetbrug niets te worden gewijzigd, zodat voor het bewegen van de wagen alleen de betrekkelijk geringe wrijvingskrachten behoeven te worden overwonnen, waardoor de gevoeligheid van de meetbrug behouden blijft. Door het gebruik van een gevoelige versterker kan bij een systeem voor aan-uit-regeling de afstand tussen in- en uitschakelpunt vrijwel nul zijn.

Systemen voor continue regeling zouden ook mechanisch, pneumatisch of hydraulisch van de automatische meetbrug kunnen worden afgeleid. Zo kan men bijv. pneumatisch of hydraulisch een integrerend en een differentiërend systeem verwezenlijken met behulp van capillairen en balgen. Deze vergen echter meer onderhoud dan de overeenkomstige electrische elementen (weerstanden en condensatoren). Zo is bij de toepassing van pneumatische constructies het gebruik van olievrije droge lucht vereist om verstopping te voorkomen. Het gebruik van een electrisch regelsysteem behoeft geen beletsel te zijn om de uiteindelijke verstelling van het regelorgaan hydraulisch of pneumatisch te doen geschieden. Hiertoe kan bijv. een electrisch bestuurde hydraulische of pneumatische klepsteller worden gebruikt.

**Samenvatting.** Verschillende systemen voor electronische regeling van industriële processen worden behandeld. De beschreven schakelingen zijn geschikt om te worden gebruikt in combinatie met de reeds eerder beschreven automatische meetbrug. De verschillende regelmethodes kan men verdelen in systemen voor discontinue en voor continue regeling. Het meest gebruikte discontinue systeem is de tweestandenregeling. Indien de omstandigheden waaronder het proces plaatsvindt, sterk variëren, kan men deze regelmethode uitbreiden tot een driestanden- of veelstandenregeling. Wordt het aantal standen dat het regelorgaan kan innemen, zeer groot, dan gaat dit systeem over in een continue regeling, nl. de proportionele regeling. Een bezwaar tegen dit regelsysteem kan gelegen zijn in het feit dat de geregelde grootheid niet exact op de gewenste waarde blijft. Dit bezwaar is niet aanwezig bij systemen voor zwevende regeling, waarvan de integrerende regeling een bijzondere uitvoeringsvorm is. Het aan de integrerende regeling verbonden bezwaar dat de regeling bij een plotseling optredende verstoring van de evenwichtstoestand niet ogenblikkelijk werkt, kan gedeeltelijk worden opgeheven door combinatie van integrerende en proportionele regeling. Om bij een grote proportionaliteitsfactor (kleine resterende afwijking) de stabiliteit te verhogen, kan men de proportionele regeling combineren met een differentiërende regeling. Electrische ovens worden bij voorkeur geregeld door periodiek in- en uitschakelen, waarbij men de schakeling zodanig kan uitvoeren dat de verhouding van de tijden gedurende welke de oven is in- resp. uitgeschakeld, evenredig is met de afwijking die de oventemperatuur van de gewenste waarde vertoont. Ten slotte wordt nog in het kort ingegaan op programmaregeling en op enkele mogelijke niet-electronisch werkende uitvoeringsvormen van regelsystemen.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



# SERIEFABRICAGE VOOR DRAAGGOLFTELEFONIE

Voor het draaggolftelefoniesysteem voor korte afstanden, STR 112, dat door de N.V. Philips' Telecommunicatie-Industrie te Hilversum is ontwikkeld *), is een nieuwe constructiewijze toegepast: alle onderdelen van de apparatuur voor één spreekkanaal (inclusief signalering) worden tezamen in een luchtdichte doos ondergebracht (zg. conclave-constructie). Men ziet hier de fabricage dezer „kanaaleenheden" aan de lopende band. Achteraan het bedraden der montageplaatjes, het monteren van weerstanden en spoelen, het drogen en bijstellen van spoelen en filters, en het samenbouwen van de eenheid. Op de voorgrond, bij de vier meetrekken, het meten en instellen der eenheden. Geheel vooraan de hoogspanningsbeproeving en eindcontrole.

*) Comm. News **14**, 78-127, 1954 (No. 3-4). De foto is aan deze publicatie ontleend.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



## BOEKBESPREKING

**De electronentechniek in de industrie,** door R. Kretzmann, X + 319 blz., 327 figuren. — Philips' Technische Bibliotheek — Meulenhoff & Co. Amsterdam 1954.

De electronenbuis heeft van meet af aan toepassing gevonden in de communicatietechniek, en ook heden nog ligt daar haar voornaamste terrein. Omstreeks het jaar 1930 echter begonnen toepassingen in de industrie op te duiken, vooral als gevolg van het feit dat toen uit de met gas gevulde gelijkrichtbuizen de thyratrons waren voortgekomen en dat fotocellen tot een technisch product waren ontwikkeld. De publicaties op dit gebied namen hand over hand in aantal toe — vooral in Amerika —, zo zelfs dat men wel eens de indruk kreeg of zonder de formule „fotocel + thyratron" geen fabriek meer zou kunnen draaien. Verscheidene van de toen voorgestelde toepassingen zijn dan ook niet levensvatbaar gebleken. Vele andere daarentegen hebben slechts moeten wachten tot de buizen voldoende betrouwbaar waren geworden. Nu dit laatste al sinds jaren ruimschoots het geval is, wekt het geen verwondering dat zich in de industrie een rijk toepassingsgebied voor electronenbuizen heeft geopend. Kretzmann's „Handbuch der industriellen Elektronik", dat onlangs in Duitsland zijn derde druk heeft beleefd, geeft daarvan een indrukwekkend beeld.

Het onderhavige „De electronentechniek in de industrie" is een Nederlandse bewerking van dit boek. In het eerste gedeelte (90 blz.) worden de buizen en hun fundamentele schakelingen besproken. Behalve fotocellen en thyratrons, komen er versterken zendbuizen, gelijkrichtbuizen, senditrons, ignitrons en excitrons, spanningsstabiliseerbuizen, relaisbuizen en kathodestraalbuizen in ter sprake.

De rest van het boek behandelt de eigenlijke electronische inrichtingen voor industriële toepassingen. De elf hoofdstukken van dit gedeelte gaan achtereenvolgens over electronische relais, telschakelingen, tijdschakelaars, gelijkrichters, regeling van verlichting, snelheids- en temperatuurregeling, besturing van weerstandslasmachines, besturing van electromotoren, inductieve hoogfrequentieverhitting van metalen, capacitieve hoogfrequentieverhitting van diëlectrische materialen, en electronische apparatuur voor bijzondere doeleinden — zoals men ziet, een enorme verscheidenheid van onderwerpen.

Een uitvoerige behandeling van dit alles zou het boek hebben doen uitdijen tot een veelvoud van de huidige omvang. De schrijver heeft zich dus moeten beperken tot het essentiële, maar dit geeft hij dan ook. Hij schuwt nu en dan berekeningen niet (en onderstelt daarbij enige kennis van de differentiaal- en integraalrekening), en bereikt aldus dat een duidelijk beeld wordt gegeven van het stroom- en het spanningsverloop ook in ingewikkelde schakelingen (meerfazige gelijkrichters met roosterbesturing bij voorbeeld).

Aan het slot vindt men een literatuuroverzicht met ruim 60 vermeldingen, een opgave van de belangrijkste gegevens van buizen, en een trefwoordenregister.

D. M. DUINKER

---

## OVERZICHT VAN RECENTE WETENSCHAPPELIJKE PUBLICATIES DER N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN

Van deze publicaties, voor zover niet met een sterretje * gemerkt, verstrekt de Administratie van Philips' Natuurkundig Laboratorium, Eindhoven, op aanvrage overdrukken.

**2173*:** C. J. Bouwkamp: Diffraction theory (Rep. Progr. Phys. **17**, 35-100, 1954).

Dit artikel is een critisch overzicht van recente vorderingen in de klassieke theorie der buigingsverschijnselen. Zowel scalaire als electromagnetische problemen komen ter sprake. Het overzicht kan dienen als een inleiding tot algemenere buigingstheorieën, hoewel de meeste aandacht is besteed aan buiging aan vlakke voorwerpen. Verschillende uitwerkingen van de theorieën van Kirchhoff en van Kottler worden besproken. Op buiging aan voorwerpen met afmetingen die klein zijn vergeleken met de golflengte, wordt iets dieper ingegaan. Andere onderwerpen die aan de orde komen, zijn: buiging behandeld met variatierekening, de strenge formulering van het principe van Babinet, het wezen van de singulariteiten in het veld bij scherpe randen, de toepassing van de functies van Mathieu en van sferoïdale golffuncties in de buigingstheorie. De literatuurlijst bevat meer dan 500 publicaties van na 1940.

**2174:** J. Volger: Electrical properties of ceramics, Part II. Dielectrics and ferromagnetics (Research **7**, 230-235, 1954, No. 6).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



Na enige opmerkingen over keramische materialen als isolatoren, wordt het gebruik van deze materialen als diëlectricum in condensatoren besproken. De factoren die een hoge waarde van de diëlectrische constante bevorderen, komen ter sprake, waarbij in het bijzonder het optreden van zeer hoge waarden bij $BaTiO_3$ de aandacht krijgt. Daarna worden een aantal interessante eigenschappen genoemd van keramische weke ferromagnetica, alle van het ferriettype. De waarden van de verzadigingsmagnetisatie worden besproken in verband met de theorie van Néel. Er wordt aandacht geschonken aan de eigenschappen van Ferroxcube bij hoge frequenties, bijv. de verschillende resonantie- en relaxatieverschijnselen die optreden. Ten slotte komt Magnadur (Ferroxdure), een keramisch hard ferromagneticum, ter sprake. Dit is een samengesteld oxyde van ijzer en barium met hexagonale kristalstructuur en met een buitengewoon grote coërcitieve veldsterkte (zie Philips techn. T. **14**, 33-48, 1952). Het vindt toepassing voor permanente magneten die sterke demagnetiserende velden moeten kunnen verdragen.

**2175:** R. Vermeulen: Stereophonic reproduction (Audio Engineering **38**, 21, 1954, No. 5).

Samenvatting van het werk van K. de Boer over verschijnselen samenhangende met binauraal horen en met stereofonie. Richtingsgewaarwordingen worden toegeschreven aan verschillen zowel in tijd van aankomst van het geluid als in intensiteit. De verschillen tussen binauraal horen en stereofonisch horen worden uiteengezet; in het laatste geval is het geluidsbeeld minder goed gedefinieerd. Betoogd wordt dat het doel niet is het oorspronkelijke geluidsveld te reconstrueren, maar de juiste geluidsindruk aan elk oor te geven ten einde hetzelfde effect te bereiken als een geluidsbron in zekere richting. Enige empirische regels voor het plaatsen van microfoons en luidsprekers worden genoemd. Ten slotte wordt iets gezegd over het aandeel dat bewegingen van het hoofd hebben bij de localisatie van de geluidsbron door de luisteraar.

**2176:** J. L. H. Jonker: Ten-volt effect with oxide-coated cathode (Electronic Engineering **26**, 282, 1954, No. 316).

De vroeger gegeven theorie, volgens welke de bij een anodespanning van 10 volt optredende afwijking in de diodekarakteristiek moet worden toegeschreven aan het feit dat bij die spanning de bijdrage van gereflecteerde electronen van de anode tot de ruimtelading een minimum vertoont (zie Philips Res. Rep. **2**, 331-339, 1947), wordt hier gestaafd met de resultaten van metingen betreffende reflectie en secundaire emissie van een oppervlak dat enige tijd tegenover een werkende oxydekathode heeft gestaan.

**2177:** B. Combée en A. Engström: A new device for microradiography and a simplified technique for the determination of the mass of cytological structures (Biochim. Bioph. Acta **14**, 432-434, 1954, No. 3).

Een röntgenbuis met een zeer dun beryllium-venster wordt gebruikt om uiterst zachte röntgenstralen op te wekken voor kwantitatief röntgenologisch weefselonderzoek door middel van contact-microradiografie. Er wordt een methode beschreven waarbij de massa van de monsters kan worden bepaald zonder dat vergelijking met een standaard-preparaat nodig is. Het scheidend vermogen verkregen met deze buis is ongeveer 0,5 $\mu$.

**2178:** H. de Lange Dzn.: Relationship between critical flicker-frequency and a set of low-frequency characteristics of the eye (J. Opt. Soc. Amer. **44**, 380-389, 1954, No. 5).

Metingen van de kritische flikkerfrequentie voor het oog als functie zowel van de gemiddelde helderheid van het proefobject als van de verandering van deze helderheid met de tijd. De uitkomsten worden vastgelegd door de „rimpelverhouding" $r$ uit te zetten tegen de kritische frequentie; $r$ wordt gedefinieerd als de verhouding van de amplitude van de eerste Fourier-component en de gemiddelde waarde van de helderheid van het proefobject. Het blijkt dat bij constante gemiddelde helderheid de punten die worden gevonden voor verschillende tijdsfuncties, op een gladde kromme liggen, die voor kleine helderheden monotoon is. Bij grote helderheden vertoont de kromme merkwaardig genoeg een minimum voor $r$ bij een kritische frequentie van ca. 9 Hz. Dit betekent dat het oog bij deze frequentie een maximale gevoeligheid voor flikkeren bezit. (Zie No. **2077**.)

**2179:** L. A. Æ. Sluyterman en B. Labruyère: Side reactions in the polymerization of $\alpha$-amino acid N-carbonic anhydrides. Titration data of polyglycine and polyalanine (Rec. Trav. chim. Pays-Bas **73**, 347-354, 1954, No. 5).

Polyglycine en polyalanine verkregen door polymerisatie van hun N-koolzuuranhydriden, blijken dikwijls meer zuurgroepen dan aminogroepen te bevatten. Dit wordt, althans gedeeltelijk, toegeschreven aan de vorming van hydantoine groepen. Een geringe hoeveelheid van 2,5-diketopiperazine werd uit polyglycine geïsoleerd. Er volgt een be-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



spreking van de resultaten en van het belang hiervan voor de berekening van molecuulgewichten.

**2180:** F. A. Kröger, H. J. Vink en J. van den Boomgaard: Controlled conductivity in CdS single crystals (Z. phys. Chem. **203**, 1-72, 1954, No. 1/2).

De electrische eigenschappen van eenkristallen van zuiver CdS, of CdS dat gallium, indium, antimonium, chloor of zilver bevat, hangen in hoge mate af van de atmosfeer waarin zij zijn bereid. Kristallen die blootgesteld zijn aan een oxyderende atmosfeer (bijv. zwaveldamp), zijn isolatoren die fotogeleiding vertonen; kristallen blootgesteld aan een reducerende atmosfeer, vertonen een quasi-metallische electronengeleiding. In een groot temperatuurgebied geldt, dat voor kristallen verontreinigd met Ga of Cl het aantal ladingdragers in de gereduceerde kristallen gelijk is aan de concentratie van de vreemde ionen (geleide valentie). De bereidingsatmosfeer heeft hierop vrijwel geen invloed. De optische eigenschappen (absorptie, fluorescentie) veranderen met de bereidingsatmosfeer: geoxydeerde kristallen vertonen absorptiebanden in het gele gedeelte van het spectrum, gereduceerde kristallen niet. Door een uitbreiding van de roosterfoutentheorie van Schottky en Wagner, op de wijze die reeds door Schottky in 1935 is aangegeven, is een algemenere theorie ontwikkeld, die het mogelijk maakt de concentraties van de verschillende soorten roosterfouten, donors, vangcentra en acceptors te berekenen als functie van de concentraties en het type van de verontreinigingen en van het reductievermogen van de bereidingsatmosfeer. Door deze theorie toe te passen op CdS, bereikt men een bevredigende overeenstemming met de experimentele gegevens.

**2181:** J. te Winkel: Lijnversterkers voor draaggolfsystemen op coaxiale kabels (De Ingenieur **66**, E61-E65, 1954, No. 25).

Een kort overzicht over de principes die aan het ontwerp van dergelijke versterkers ten grondslag liggen. Zie Philips techn. T. **16**, 175-184, 1954 (No. 6).

**2182:** E. Havinga en J. P. L. Bots: Studies on vitamin D, I. The synthesis of vitamin $D_3$ 3 $C^{14}$ (Rec. Trav. chim. Pays-Bas **73**, 393-400, 1954, No. 6).

Ten einde het metabolisme van vitamine D te bestuderen, werd vitamine $D_3$ gesynthetiseerd, waarin zich op de plaats van het derde koolstofatoom het radioactieve isotoop $C^{14}$ bevindt. De bereiding van dit $D_3$ 3 $C^{14}$ wordt beschreven. Er is speciale aandacht besteed aan de techniek van de fotochemische omzetting van 7-dehydrocholesterol 3 $C^{14}$ (kleine hoeveelheden) en aan de isolering van het radioactief gemerkte vitamine $D_3$ uit het bestraalde mengsel. Bovendien wordt in het kort mededeling gedaan van enige biologische experimenten.

**2183:** G. W. Rathenau en G. Baas: Croissance des grains, observée par microscopie électronique à émission (Métaux, Corros., Ind. **29**, 139-150, 1954, No. 344).

Structuurveranderingen in metalen en legeringen bij hoge temperatuur kunnen rechtstreeks worden waargenomen door middel van een emissie-electronenmicroscoop. Met de apparatuur die voor deze onderzoekingen is gebruikt, is een scheidend vermogen van ongeveer 1000 ångström bereikt.

Gewalste midzijds-kubische Ni-Fe-legeringen zijn gebruikt om de kristalgroei in een monster met textuur te bestuderen. Dit onderzoek betreft o.a. de groei van een groot kristal van een afwijkende orientatie in een duidelijke textuur en ook de groei van kristallen in een onvolkomen textuur. In beide gevallen bewegen slechts grensvlakken van grote energie met een meetbare snelheid. De resultaten worden geïnterpreteerd als het gevolg van de invloed van inwendige grenslaagspanningen. Als voorbeeld van kristalgroei die wordt belemmerd door insluitsels, is onderzocht een monster van CrNi-staal dat insluitsels van materiaal in de $\sigma$-phase bevatte. De kristalgroei die gepaard gaat met de transformatie $\alpha \rightarrow \gamma$ in een SiFe-legering, wordt beschreven. In dit geval is de diffusiesnelheid bepalend voor de snelheid waarmee de $\gamma$-kristallen groeien. De overgang austeniet-perliet in eutectoidisch koolstofstaal is rechtstreeks waargenomen. Het bestaan van een verband tussen de orientatie van het austeniet en het perliet is onwaarschijnlijk, zoals wordt aangetoond. Korrelgrensverschuivingen in het austeniet werden dicht bij een groeiende perlietkolonie waargenomen.

---

**Verschenen is:**

S. D. Boon: Germaniumdioden (Philips' Technische Bibliotheek, populaire reeks, Meulenhoff & Co., Amsterdam 1954, VIII + 88 blz., 59 figuren).

De behandeling van de stof in dit boek is geheel gericht op de practijk. Er is naar gestreefd, zonder diepgaande theoretische beschouwingen de lezer te verschaffen hetgeen hij nodig heeft voor een zelfstandig oordeel over germaniumdiodes en hem aldus in staat te stellen de meest voorkomende diodeproblemen te analyseren en met deze diodes zelf practische schakelingen te verwezenlijken. Hiertoe is het boekje voorzien van een aantal toepassingsvoorbeelden, welke als wegwijzer kunnen dienen.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!